

Прогноз землетрясений в XXI веке:

предыстория и концепции, предвестники и проблемы

Леонид Михайлович Богомолов¹, <https://orcid.org/0000-0002-9124-9797>, bleom@mail.ru

Найля Абдуллоевна Сычева², <https://orcid.org/0000-0003-0386-3752>, nelya@ifz.ru

¹Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

[Резюме PDF RUS](#)

[Abstract PDF ENG](#)

[Полный текст PDF RUS & ENG](#)

Резюме. В обзоре изложены отраженные в научной литературе наиболее важные результаты в области прогноза сильных землетрясений. Также представлены направления дальнейших исследований и теоретические модели, которые могут стать базовыми для совершенствования прогнозных методик и алгоритмов. Прослеживается переход от первоначальной (исторической) постановки проблемы сейсмического прогноза к современным подходам к этой проблеме, основанным на данных сейсмологического и геофизического мониторинга, а также наблюдений за состоянием атмосферы и ионосферы. Обсуждаются примеры успешных предсказаний землетрясений, которые могут свидетельствовать о потенциале некоторых подходов, по крайней мере для отдельных регионов (например, для Сахалина и Камчатки). Представляется, что прогнозы, успех которых обусловлен не случайным угадыванием, а использованием определенных алгоритмов или «работающих» предвестников, могут ослабить позиции пессимистов в дискуссии о принципиальной предсказуемости или непредсказуемости землетрясений.

Ключевые слова

землетрясение, методы предсказаний, прогноз среднесрочный, краткосрочный, предвестники геофизические, сейсмологические, модель очага, разлом

Для цитирования: Богомолов Л.М., Сычева Н.А. Прогноз землетрясений в XXI веке: предыстория и концепции, предвестники и проблемы. *Геосистемы переходных зон*, 2022, т. 6, № 3, с. 145–182. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.145-164.164-182>; <https://www.elibrary.ru/nhwrtf>

For citation: Bogomolov L.M., Sycheva N.A. Earthquake predictions in XXI century: prehistory and concepts, precursors and problems. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2022, vol. 6, no. 3, pp. 145–182. (In Russ. & Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.145-164.164-182>; <https://www.elibrary.ru/nhwrtf>

Список литературы

1. Авагимов А.А., Зейгарник В.А., Окунев В.И. **2011**. Динамика энергообменных процессов в модельных образцах при воздействии упругим и электромагнитным полями. *Физика Земли*, 10: 64–70. EDN: OJGOND
2. Анциферов М.С. **1969**. О возможностях геоакустического прогноза местных землетрясений. В кн.: *Труды всероссийского симпозиума по сейсмическому режиму (3–7 июня 1968 г.)*. Новосибирск, ч. 2, с. 28–141.
3. Арутюнян А.Р. **2010**. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений. *Инженерно-строительный журнал*, 3: 56–60.
4. Барсуков О.М. **1970**. О связи электрического сопротивления горных пород с тектоническими процессами. *Изв. АН СССР. Физика Земли*, 1: 84–89.
5. Болдина С.В., Копылова Г.Н. **2017**. Эффекты Жупановского землетрясения 30 января 2016 г., Mw=7.2, в изменениях уровня воды в скважинах ЮЗ-5 и Е-1, Камчатка. *Геодинамика и тектонофизика*, 8(4): 863–880. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-4-0321>
6. Бончковский В.Ф. **1954**. Изменения градиента электрического потенциала в атмосфере как один из возможных предвестников землетрясений. *Труды Геофизического института*, 25(152): 192–206.
7. Бучаченко А.Л. **2014**. Магнитопластичность и физика землетрясений. Можно ли предотвратить катастрофу. *Успехи физических наук*, 189(1): 101–108.
8. Бучаченко А.Л., Ораевский В.Н., Похотелов О.А., Сорокин В.М., Страхов В.Н., Чмырев В.М. **1996**. Ионосферные предвестники землетрясений. *Успехи физических наук*, 166(9): 1023–1029.
9. Войтов Г.И., Добровольский И.П. **1994**. Химические и изотропно-углеводные нестабильности потоков природных газов в сейсмически активных регионах. *Физика Земли*, 3: 20–31.
10. Воробьев А.А., Самохвалов М.А., Горелкин А.Ф. и др. **1976**. Аномальные изменения интенсивности естественного электромагнитного поля в районе Ташкента перед землетрясением. *Узбекский геологический журнал*, 2: 9–11.
11. Гаврилов В.А. **2007**. Физические причины суточных вариаций уровня геоакустической эмиссии. *Доклады АН*, 414(3): 389–392. EDN: IAQDXJ

12. Гаврилов В.А., Пантелеев И.А., Рябинин Г.В. **2014**. Физическая основа эффектов электромагнитного воздействия на интенсивность геоакустических процессов. *Физика Земли*, 1: 89–103. EDN: RLWIFL
13. Гамбурцев Г.А. **1955**. Состояние и перспективы работ в области прогноза землетрясений. *Бюл. Совета по сейсмологии АН СССР*, 1: 7–14.
14. Гинтов О.Б. **2005**. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 572 с.
15. Гольдин С.В., Дядьков П.Г., Дашевский Ю.А. **2001**. Стратегия прогноза землетрясений на Южно-Байкальском геодинамическом полигоне. *Геология и геофизика*, 42(10): 1484–1496.
16. Гохберг М.Б., Колосницын Н.И. **2010**. Триггерные механизмы землетрясений. В кн.: *Триггерные эффекты в геосистемах: Материалы Всероссийского семинара-совещания, г. Москва, 22–24 июня 2010 г.* М.: ГЕОС, с. 52–61.
17. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Аронов Е.Л. **1979**. О вы-соочастотном электромагнитном излучении при сейсмической активности. *Доклады АН СССР*, 248(5): 1077–1081.
18. Гуфельд И.Л., Афанасьев А.В., Афанасьева В.В., Новоселов О.Л. **2010**. Триггерные эффекты сейсмотектонического процесса в динамически меняющейся геологической среде. *Доклады АН*, 433(1): 92–96.
19. Гуфельд И.Л., Матвеева М.И., Новоселов О.Л. **2011**. Почему мы не можем осуществить прогноз сильных землетрясений. *Geodynamics & Tectonophysics*, 2(4): 378–415. <https://doi.org/105800/GT-2011-2-4-0051>
20. Добровольский И.П. **1991**. *Теория подготовки тектонического землетрясения*. М.: ИФЗ РАН, 218 с.
21. Друмь А.В. **1985**. *Землетрясение: где, когда, почему?* Отв. ред. М.А. Садовский. Кишинев: Штиинца, 196 с.
22. Завьялов А.Д. **1986**. Параметр концентрации сейсмогенных разрывов как предвестник сильных землетрясений. *Вулканология и сейсмология*, 3: 58–71.
23. Завьялов А.Д. **2006**. *Среднесрочный прогноз землетрясений. Основы, методика, реализация*. М.: Наука, 242 с.
24. Закупин А.С. **2016**. Программный комплекс для анализа неустойчивости сейсмического процесса. *Геоинформатика*, 1: 34–43.
25. Закупин А.С., Семенова Е.П. **2018**. Исследование процесса подготовки сильных землетрясений ($M_w > 5$) на Сахалине методом LURR. *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*, 5(25): 83–98. <https://doi.org/10.18454/2079-6641-2018-25-5-83-98>
26. Закупин А.С., Левин Ю.Н., Богинская Н.В., Жердева О.А. **2018**. Развитие методов среднесрочного прогноза на примере Онорского землетрясения на Сахалине ($M_w=5.8$, 14 августа 2016 года). *Геология и геофизика*, 11: 1904–1911.
27. Закупин А.С., Богомоллов Л.М., Богинская Н.В. **2020**. Применение методов анализа сейсмических последовательностей LURR и СРП для прогноза землетрясений на Сахалине. *Геофизические процессы и биосфера*, 19(1): 66–78. <https://doi.org/10.21455/GPB2020.1-4>
28. Захарова А.И., Рогожин Е.А. **2000**. Сильные землетрясения северо-западной окраины Тихого океана и их глубокофокусные предвестники. *Вестник ОГГГ РАН*, 2-1(12): 82–94
29. Захарова А.И., Рогожин Е.А. **2001**. Глубокофокусные предвестники сильных землетрясений. *Доклады АН*, 381(6): 825–826. EDN: KHEL5Y
30. Захарова А.И., Рогожин Е.А. **2004**. Пространственно-временные соотношения очагов сильных землетрясений и их глубокофокусных предвестников. В кн.: *Исследования в области геофизики (к 75-летию ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта)*. М.: ОИФЗ РАН, с. 13–19.
31. Зубков С.И. **2002**. *Предвестники землетрясений*. М.: ИФЗ РАН, 140 с.
32. Кейлис-Борок В.И., Малиновская Л.Н. **1966**. Об одной закономерности в возникновении сильных землетрясений. В кн.: *Сейсмологические методы исследований*. М.: Наука, с. 88–97.
33. Киссин И.Г. **2013**. О системном подходе в проблеме прогноза землетрясений. *Физика Земли*, 4: 145–160. DOI: 10.7868/S0002333713040054
34. Короновский Н.В., Наймарк А.А. **2012**. Непредсказуемость землетрясений как фундаментальное следствие нелинейности геодинамических систем. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*, 6: 3–12. EDN: PRGNYT
35. Короновский Н.В., Захаров В.С., Наймарк А.А. **2019**. Краткосрочный прогноз землетрясений: реальность, научная перспектива или проект-фантом? *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*, 3: 3–12. <https://doi.org/10.33623/0579-9406-2019-3-3-12>
36. Кособоков В.Г. **2005**. *Прогноз землетрясений и геодинамические процессы*. Ч. 1. *Прогноз землетрясений: основы, реализация, перспективы*. М.: ГЕОС, 172 с. (Вычислительная сейсмология; вып. 36).
37. Кособоков В.Г., Ротвайн И.М. **1977**. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. VI. Магнитуда $M > 7,0$. В кн.: *Распознавание и спектральный анализ в сейсмологии*. М.: Наука, с. 3–18.
38. Кочарян Г.Г. **2010**. Разломная зона как нелинейная механическая система. *Физическая мезомеханика*, 13 (Спец. вып.): 5–17. EDN: NQXHWN
39. Кочарян Г.Г. **2016**. *Геомеханика разломов*. М.: ГЕОС, 424 с.
40. Кочарян Г.Г., Марков В.К., Марков Д.В., Перник Л.М. **2011**. Экспериментальное исследование закономерностей деформирования малопрочных тонких слоев геоматериалов. *Физическая мезомеханика*, 14(6): 63–70.
41. Куксенко В.С., Манжиков Б.Ц., Тилегенов К. и др. **2003**. Триггерный эффект слабых вибраций в твердых телах (горных породах). *Физика твердого тела*, 45(12): 2182–2186. EDN: RCZSWP
42. Ларионов И.А., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А., Солодчук А.А., Щербина А.О. **2017**. Исследования акустической эмиссии приповерхностных осадочных пород на Камчатке. *Геосистемы переходных зон*, 1(3): 57–63. doi.org/10.30730/2541-8912.2017.1.3.057-063
43. Левин Б.В., Сасорова Е.В., Ким Ч.У., Коровин М.Е., Малашенко А.Е., Савочкин П.В., Тихонов И.Н. **2007а**. Землетрясение 17(18) августа 2006 г. на Сахалине и первая реализация комплексного прогноза. *Доклады АН*, 412(3): 396–400. EDN: IAAJZH
44. Левин Б.В., Ким Чун Ун, Тихонов И.Н. **2007б**. Горнозаводское землетрясение 17(18) августа 2006 г. на о-ве Сахалин. *Тихоокеанская геология*, 26(2): 102–108.

45. Любушин А.А. **2011**. Сейсмическая катастрофа в Японии 11 марта 2011 года. Долгосрочный прогноз по низкочастотному микросейсмическому шуму. *Геофизические процессы и биосфера*, 10(1): 9–35. EDN: NDZZMV
46. Макаров П.В., Смолин И.Ю., Стефанов Ю.П., Кузнецов П.В., Трубицын А.А., Трубицына Н.В., Ворошилов С.П., Ворошилов Я.С. **2007**. *Нелинейная механика геоматериалов и геосред.* Новосибирск: ГЕО, 235 с.
47. Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В. **1997**. Парадигма самоорганизованной критичности. Иерархия моделей и пределы предсказуемости. *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика*, 5(5): 89–106.
48. Мамадалиев Ю.А. **1964**. Об исследовании параметров сейсмического режима во времени и пространстве. В кн.: *Вопросы региональной сейсмичности Средней Азии*. Фрунзе: Илим, с. 93–104.
49. Мещеряков Ю.А. **1968**. Изучение современных движений земной коры и проблема прогноза землетрясений. В кн.: *Современные движения земной коры*. М.: ВИНТИ, 3, с. 44–62.
50. Милькис М.Р. **1986**. Метеорологические предвестники сильных землетрясений. *Изв. АН СССР. Физика Земли*, 3: 36–47.
51. Мого К. **1988**. *Предсказание землетрясений*. Пер. с англ. Б.А. Борисова. М.: Мир, 382 с.
52. Моргунов В.А. **1999**. Реальности прогноза землетрясений. *Физика Земли*, 1: 79–91.
53. Мубассарова В.А., Богомолов Л.М., Закупин А.С., Пантелеев И.А., Наймарк О.Б. **2014**. Особенности локализации деформации и распределения очагов акустической эмиссии в образцах горных пород под воздействием одноосного сжатия и электрических импульсов *Геодинамика и тектонофизика*, 5(4): 919–938. EDN: TDMROT
54. Николаев В.А. **1994**. Пространственно-временные особенности связи сильных землетрясений с приливными фазами. В кн.: *Наведенная сейсмичность*. М.: Наука, с. 103–114.
55. *Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации*: Пояснительная записка к комплексу карт ОСР-2016 и список населенных пунктов, расположенных в сейсмоактивных зонах. Гл. ред. В.И. Уломов, М.И. Богданов. 73 с. http://seismos-u.ifz.ru/documents/zapiska_OCP_2016.pdf
56. Осика Д.Г. **1981**. *Флюидный режим сейсмически активных областей*. М.: Наука, 201 с.
57. Пантелеев И.А., Наймарк О.Б. **2014**. Современные тенденции в области механики тектонических землетрясений. *Вестник Пермского научного центра УрО РАН*, 3: 44–62. EDN: TDURFP
58. Паровышний В.А., Сеначин В.Н., Веселов О.В., Кочергин Е.В. **2015**. Временные изменения естественных геофизических полей в связи с проблемой прогноза сейсмических событий. *Геодинамика и тектонофизика*, 6(1): 63–76. <https://doi.org/10.5800/GT-2015-6-1-0172>
59. Певнев А.К. **2015**. Прогноз землетрясений возможен (О месте геодезических исследований в решении проблемы прогноза землетрясений). Ч. 1. Г.А. Гамбурцев и возможность прогнозирования землетрясений. *Пространство и Время*, 4(22): 195–201.
60. Певнев А.К. **2016**. Прогноз землетрясений возможен (О месте геодезических исследований в решении проблемы прогноза землетрясений). Ч. 2. Возвращение к Г.А. Гамбурцеву: деформационная модель подготовки очага корового землетрясения. *Пространство и Время*, 1–2(23–24): 227–238. URL: https://space-time.ru/space-time/article/view/2226-7271prov_st1_2-23_24.2016.91
61. *Природные опасности России. Сейсмические опасности*. **2000**. Отв. ред. Г.А. Соболев. М.: Крук, 296 с.
62. Ребецкий Ю.Л. **2003**. Развитие метода катакластического анализа сколов для оценки величин тектонических напряжений. *Доклады РАН*, 388(2): 237–241.
63. Ребецкий Ю.Л. **2007а**. Состояние и проблемы теории прогноза землетрясений. Анализ основ с позиции детерминированного подхода. *Геофизический журнал*, 29(4): 92–110.
64. Ребецкий Ю.Л. **2007б**. *Тектонические напряжения и прочность горных массивов*. М.: Академкнига, 406 с.
65. Ребецкий Ю.Л. **2008**. Современное состояние теорий прогноза землетрясений. Результаты оценки природных напряжений и новая модель очага землетрясений. В кн.: *Проблемы тектонофизики: К сорокалетию создания М.В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН*. М.: ИФЗ РАН, с. 359–395.
66. Ребецкий Ю.Л. **2021**. К теории детерминированного прогноза землетрясений методом LURR. *Геосистемы переходных зон*, 5(3): 192–222. (На рус. и англ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2021.5.3.192-208.208-222>
67. Рикитак Т. **1979**. *Предсказание землетрясений*. М.: Мир, 388 с.
68. Рогожин Е.А., Иогансон Л.И., Завьялов А.Д. и др. **2011**. *Потенциальные сейсмические очаги и сейсмологические предвестники землетрясений – основа реального сейсмического прогноза*. М.: Светоч Плюс, 368 с. EDN: THIGTP
69. Родкин М.В., Рундквист Д.В. **2017**. *Геофлюидодинамика. Приложение к сейсмологии, тектонике, процессам рудо- и нефтегенеза*. Долгопрудный: Изд. дом Интеллект, 288 с.
70. Ружич В.В. **1996**. О среднесрочном прогнозе землетрясений в Прибайкалье. В кн.: *Геофизические исследования в Восточной Сибири на рубеже XXI века*. Новосибирск: Наука, с. 143–147.
71. Садовский М.А. **1986**. Автомодельность геодинамических процессов. *Вестник АН СССР*, 8: 3–11.
72. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. **1991**. *Сейсмический процесс в блоковой среде*. М.: Наука, 96 с.
73. Садовский М.А., Мирзоев К.М., Негматуллаев С.Х., Саломов Н.Г. **1981**. Влияние механических вибраций на характер пластических деформаций материалов. *Физика Земли*, 6: 32–42.
74. Салтыков В.А. **2016**. Приливные эффекты в высокочастотных сейсмических шумах в сейсмическом регионе: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 48 с.
75. Семинский К.Ж. **2009**. Тектонофизический анализ внутренней структуры разломных зон. В кн.: *Современная тектонофизика. Методы и результаты: Материалы первой молодежной школы-семинара*. М.: ИФЗ РАН, 1, с. 258–276.
76. Сидорин А.Я. **1992**. *Предвестники землетрясений*. М.: Наука, 192 с.
77. Сим Л.А., Богомолов Л.М., Брянцева Г.В., Саввичев П.А. **2017**. Неотектоника и тектонические напряжения острова Сахалин. *Геодинамика и тектонофизика*, 8(1): 181–202. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-1-0237>
78. Сим Л.А., Каменев П.А., Богомолов Л.М. **2020**. Новые данные о новейшем напряженном состоянии земной коры острова Сахалин (по структурно-геоморфологическим индикаторам тектонических напряжений). *Геосистемы переходных зон*, 4(4): 372–383. <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.4.372-383>

79. Симбирева И.Г., Лукк А.А., Нерсесов И.Л. **1974**. Изменение динамических параметров очагов слабых землетрясений Гармского района в связи с возникновением сильных землетрясений. В кн.: *Региональные исследования сейсмического режима*. Кишинев: Штиинца, с. 138–153.
80. Смирнова М.Н. **1971**. О влиянии слабых землетрясений на режим Пятигорских минеральных источников. *Изв. АН СССР. Физика Земли*, 7: 80–83.
81. Соболев Г.А. **1993**. *Основы прогноза землетрясений*. М.: Наука, 313 с. EDN: TGSIGH
82. Соболев Г.А. **1999**. Стадии подготовки сильных камчатских землетрясений. *Вулканонология и сейсмология*, 4/5: 63–72. EDN: RZYUFX
83. Соболев Г.А. **2003**. Перспективы прогноза землетрясений. В кн.: *Проблемы геофизики XXI века*. М.: Наука, с. 158–178.
84. Соболев Г.А. **2011**. *Концепция предсказуемости землетрясений на основе динамики сейсмичности при триггерном воздействии*. М.: ИФЗ РАН, 56 с.
85. Соболев Г.А., Морозов В.Н. **1970**. Локальные возмущения электрического поля на Камчатке и их связь с землетрясениями. В кн.: *Физические основания поисков методов прогноза землетрясений*. М.: Наука, с. 110–121.
86. Соболев Г.А., Пономарев А.В. **2003**. *Физика землетрясений и предвестники*. М.: Наука, 270 с.
87. Соболев Г.А., Тюпкин Ю.С. **1996**. Аномалии в режиме слабой сейсмичности перед сильным землетрясением. *Вулканонология и сейсмология*, 4: 64–74. EDN: SGJVPZ
88. Соболев Г.А., Тюпкин Ю.С. **1998**. Стадии подготовки, сейсмологические предвестники и прогноз землетрясений Камчатки. *Вулканонология и сейсмология*, 6: 17–26. EDN: RZZZQB
89. Соболев Г.А., Пономарев А.В., Кольцов А.В. **1995**. Возбуждение колебаний в модели сейсмического источника. *Физика Земли*, 12: 72–78. EDN: QFFFDE
90. Сычева Н.А., Богомолов Л.М. **2016**. Закономерности падения напряжений при землетрясениях Северного Тянь-Шаня. *Геология и геофизика*, 57(11): 2071–2083.
91. Сычева Н.А., Богомолов Л.М. **2020**. О сброшенных напряжениях в очагах землетрясений Северной Евразии и приведенной сейсмической энергии. *Геосистемы переходных зон*, 4(4): 393–446. <https://doi.org/10.30730/qtr.2020.4.4.393-416.417-446>
92. Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Кузиков С.И. **2020**. *Вычислительные технологии в сейсмологических исследованиях (на примере KNET, Северный Тянь-Шань)*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 358 с.
93. Такаги А., Исибаси К., Суйехиро С., Усами Т., Матсуда Т., Асада Т., Йосии Т., Вакиа Х., Сато Х., Мидзу-тани Х. **1984**. *Методы прогноза землетрясений. Их применение в Японии*. М.: Недра, 287 с.
94. Татаурова А.А. **2015**. Поля напряжений и деформаций по данным механизмов коровых землетрясений о. Сахалин. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 3: 93–101.
95. Тихонов И.Н. **2001**. О долговременной цикличности сильнейших ($M > 7.5$) землетрясений в районе Южных Курильских островов. В кн.: *Динамика очаговых зон и прогнозирование сильных землетрясений северо-запада Тихого океана*. Южно-Сахалинск, 1, с. 23–33.
96. Тихонов И.Н. **2002**. Закон повторяемости отрезков времени между последовательными землетрясениями. *Доклады АН*, 387(2): 250–252. EDN: PSYRMC
97. Тихонов И.Н. **2006**. *Методы анализа каталогов землетрясений для целей средне- и краткосрочного прогнозов сильных сейсмических событий*. Владивосток; Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 214 с.
98. Тихонов И.Н. **2009**. Прогноз сильного землетрясения на юго-западном шельфе о. Сахалин и его реализация в результате Невельского землетрясения 2 августа 2007 г. *Тихоокеанская геология*, 28(5): 22–29.
99. Тихонов И.Н., Василенко Н.Ф., Левин Ю.Н., Прытков А.С., Фролов Д.И. **2008**. Симуширские землетрясения 2006–2007 гг. – новая страница в истории курильской сейсмоактивной зоны. В кн.: *Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России*: Труды регионал. науч.-техн. конф. Петропавловск-Камчатский, 1, с. 215–219.
100. Тихонов И.Н., Михайлов В.И., Малышев А.И. **2017**. Моделирование последовательностей землетрясений юга Сахалина, предваряющих сильные толчки, с целью краткосрочного прогноза времени их возникновения. *Тихоокеанская геология*, 36(1): 5–14. EDN: XWRJZN
101. Уломов В.И. **1971**. *Внимание! Землетрясение!* Ташкент: Узбекистан, 160 с.
102. Уломов В.И., Мавашев Б.З. **1971**. Предвестники Ташкентского землетрясения. В кн.: *Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года*. Ташкент: ФАН Узб. ССР, с. 188–192.
103. Федотов С.А. **2005**. *Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской зоны*. М.: Наука, 303 с.
104. Фирстов П.П., Макаров Е.О., Глухова И.П. **2017**. Особенности динамики подпочвенных газов перед Жупановским землетрясением 30.01.2016 г. с $M = 7.2$ (Камчатка). *Доклады АН*, 472(4): 462–465. <https://doi.org/10.7868/S0869565217040144>
105. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Черемных А.В. **1999**. Деструктивные зоны и разломно-блоковые структуры Центральной Азии. *Тихоокеанская геология*, 18(2): 41–53.
106. Щекотов А.Ю., Чебров В.Н., Берсенева Н.Ю. **2015**. Электромагнитные предвестники Олюторского и Охотоморского землетрясений. В кн.: *Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России*: труды Пятой науч.-техн. конф.: к 100-летию организации инструментальных сейсмологических наблюдений на Камчатке, Петропавловск-Камчатский, 27 сентября – 3 октября 2015 года. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, с. 311–315. EDN: VPYUJN
107. Юнга С.Л. **1996**. Ретроспективный анализ временных вариаций тензоров сейсмических моментов в очаговой зоне Шикотанского землетрясения. *Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений. Информационно-аналитический бюллетень*, 2(2): 24–40.
108. Юнга С.Л. **1999**. Сравнительный анализ сеймотектонических деформаций в областях активных геодинамических режимов. В кн.: *Геофизика на рубеже веков*: Избр. труды ученых ОИФЗ РАН. М.: ОИФЗ РАН, с. 253–264.

109. Angelier J. **1989**. From orientation to magnitude in paleostress determinations using fault slip data. *J. of Structural Geology*, 11(1-2): 37–49. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(89\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0191-8141(89)90034-5)
110. Bak P., Tang C. **1989**. Earthquake as a self-organized critical phenomenon. *J. of Geophysical Research: Solid Earth*, 94(B11): 15635–15637. <https://doi.org/10.1029/jb094ib11p15635>
111. Bakun W.H., Aagaard B., Dost B., Ellsworth W.L. et al. **2005**. Implications for prediction and hazard assessment from the 2004 Parkfield earthquake. *Nature*, 437(7061): 969–974. <https://doi.org/10.1038/nature04067>
112. Bogomolov L.M., Il'ichev P.V., Novikov V.A., Okunev V.I., Sychev V.N., Zakupin A.S. **2004**. Acoustic emission response of rocks to electric power action as seismic-electric effect manifestation. *Annals of Geophysics*, 47(1): 65–72. <https://doi.org/10.4401/ag-3259>
113. Bormann P. **2011**. From earthquake prediction research to time-variable seismic hazard assessment applications. *Pure Applied Geophysics*, 168(1-2): 329–366. <https://doi.org/10.1007/s00024-010-0114-0>
114. Coble R.W. **1965**. The effects of the Alaskan earthquake of March 27, 1964, on ground water in Iowa. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*, 72: 323–332.
115. Evison F.F., Rhoades D.A. **1993**. The precursory earthquake swarm in New Zealand: Hypothesis tests. *New Zealand J. of Geology and Geophysics*, 36(1): 51–60. <https://doi.org/10.1080/00288306.1993.9514553>
116. Evison F.F., Rhoades D.A. **1997**. The precursory earthquake swarm in New Zealand: Hypothesis tests. II. *New Zealand J. of Geology and Geophysics*, 40(4): 537–547. <https://doi.org/10.1080/00288306.1997.9514782>
117. Fujii Y. **1966**. Gravity change in the shock area of Niigata earthquake? 16 June 1964. *Zisin (J. of the Seismological Society of Japan. Ser. 2)*, 19(3): 202–216. https://doi.org/10.4294/zisin1948.19.3_200
118. Gavrilov V.A., Panteleev I.A., Ryabini G.V., Morozova Yu.V. **2013**. Modulating impact of electromagnetic radiation on geoacoustic emission of rocks. *Russian J. of Earth Science*, 13(1): 1–16. <https://doi.org/10.2205/2013es000527>
119. Gavrilov V.A., Panteleev I.A., Descherevskii, Lander A.V., Morozova Yu.V., Buss Yu.Yu., Vlasov Yu.A. **2020**. Stress-strain state monitoring of the geological medium based on the multi-instrumental measurements in boreholes: Experience of research at the Petropavlovsk-Kamchatskii geodynamic testing site (Kamchatka, Russia). *Pure Applied Geophysics*, 177(1): 397–419. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02311-3>
120. Geller R.J. **1991**. Shake up for earthquake prediction. *Nature*, 352: 275–276. <https://doi.org/10.1038/352275a0>
121. Geller R.J. **1996**. Debate on evaluation of the VAN Method: Editor's introduction. *Geophysical Research Letters*, 23(11): 1291–1293. <https://doi.org/10.1029/96gl00742>
122. Geller R. **1997**. Earthquake prediction: critical review. *Geophysical J. International*, 131(3): 425–450. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1997.tb06588.x>
123. Geller R.J., Jackson D.D., Kagan Y.Y., Mulargia F. **1997**. Earthquakes cannot be predicted. *Science*, 275(5306): 1616. <https://doi.org/10.1126/science.275.5306.1616>
124. Hayakawa M., Molchanov O.A. (eds.) **2002**. *Seismo-Electromagnetics: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling*. Tokyo: Terra Scientific Publ., 477 p.
125. Hayakawa M., Molchanov O.A., Ondoh T., Kawai E. **1996**. Precursory signature of the Kobe earthquake on VLF sub-ionospheric signal. *J. of Atmospheric Electricity*, 16(3): 247–257.
126. Jones L.M., Han W., Hauksson E., Jin A., Zhang Y., Luo Z. **1984**. Focal mechanisms and aftershock locations of the Songpan earthquakes of August 1976 in Sichuan, China. *Geophysical Research Letters*, 89(B9): 7697–7707. <https://doi.org/10.1029/jb089ib09p07697>
127. Kato Y., Utashiro Sh. **1949**. On the changes of the terrestrial magnetic field accompanying the great Nankaido earthquake of 1946. *Science Reports of Tohoku University, Japan. Ser. 5*, 1: 40.
128. Kissin I.G. **1997**. Middle and short-term precursors of earthquakes and their factors determining reliability. *J. Earthquake Prediction Research*, 6(3): 367–386.
129. Knopoff L. **1996**. Earthquake prediction: The scientific challenge. *Proceedings of The National Academy of Science*, 93(9): 3719–3720. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.9.3719>
130. Kossobokov V.G., Keilis-Borok V.I., Smith S.W. **1990**. Localization of intermediate-term earthquake prediction. *J. of Geophysical Research: Solid Earth*, 95(12): 19763–19772. <https://doi.org/10.1029/jb095ib12p19763>
131. Lockner D.A., Beeler N.M. **1999**. Premonitory slip and tidal triggering of earthquakes. *J. of Geophysical Research: Solid Earth*, 104(B9): 20133–20151. <https://doi.org/10.1029/1999jb900205>
132. Mervis J. **1990**. Earthquake scientists hope that recent rumblings will lead to more funding. *The Scientist*, April 2. <https://www.the-scientist.com/news/earthquake-scientists-hope-that-recent-rumblings-will-lead-to-more-fun-ding-61400>
133. Molchanov O., Hayakawa M. **2007**. *Seismo-electromagne-tics and related phenomena: History and latest results*. Tokyo: Terra Scientific Publ., 432 p.
134. Raleigh C.B., Bennett G., Craig H., Hanks T., Molnar P., Nur A., Savage J., Scholz C., Turner R., Wu F. **1977**. Prediction of the Haicheng earthquake. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 72: 236–272. <https://doi.org/10.1029/eo058i005p00236>
135. Reid H.F. (ed.) **1910**. *The California earthquake of April 18 1906*. Vol. 2. *The mechanisms of the earthquake*. Washington: Carnegie Inst. Wash.
136. Rikitake T. **1966**. A five year plan for earthquake prediction research in Japan. *Tectonophysics*, 3: 1–15. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(66\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(66)90021-7)
137. Roeloffs E., Langbein J. **1994**. The earthquake prediction experiment at Parkfield, California. *Reviews of Geophysics*, 32(3): 315–335. <https://doi.org/10.1029/94rg01114>
138. Rozhnoi A., Solovieva M., Molchanov O., Schwingenschuh K., Boudjada M., Biagi P.F., Maggipinto T., Castellana L., Ermini A., Hayakawa M. **2009**. Anomalies in VLF radio signals prior the Abruzzo earthquake (M = 6,3) on 6 April 2009. *Natural Hazard and Earth System Sciences*, 9: 1727–1732.
139. Scholz C. **1997**. What ever happened to earthquake prediction? Reprint. with permission from *Geotimes*, vol 17, March 1997. Copyright the American Geological Institute, 1997. URL: <https://earthquake.usgs.gov/learn/parkfield/scholz.html> (accessed 04.09.2022).
140. Scholz C. **2002**. *The mechanics of earthquakes and faulting*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 496 p.

141. Shebalin P. **2006**. Increased correlation range of seismicity before large events manifested by earthquake chains. *Tectonophysics*, 424(3-4): 335–349. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2006.03.040>
142. Shebalin P., Keilis-Borok V., Zaliapin I., Uyeda S., Na-gao T., Tsybin N. **2004**. Advance short-term prediction of the large Tokachi-oki earthquake, September 25, 2003, M=8.1. A case history. *Earth, Planets and Space*, 56: 715–724. <https://doi.org/10.1186/bf03353080>
143. Snieder R., van Eck T. **1997**. Earthquake prediction: a political problem? *Geologische Rundschau*, 86: 446–463. <https://doi.org/10.1007/s005310050153>
144. Sobolev G.A. **2011**. Seismicity dynamics and earthquake predictability. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11: 445–458. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-445-2011>
145. Sobolev G.A., Chelidze T.L., Zavyalov A.D., Slavina L.B., Nikoladze V.E. **1991**. Maps of expected earthquakes based on a combination of parameters. *Tectonophysics*, 193(4): 255–265. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(91\)90335-P](https://doi.org/10.1016/0040-1951(91)90335-P)
146. Tikhonov I.N., Kim Ch. U. **2008**. A successful prediction of the Nevel'sk August 2, 2007, earthquake (MLH=6.2) in southern Sakhalin Island. *Doklady Earth Sciences*, 420(1): 704–708. <https://doi.org/10.1134/s1028334x08040417>
147. Tikhonov I.N., Kim Ch. U. **2010**. Confirmed prediction of the 2 August 2007 M_w 6.2 Nevelsk earthquake (Sakhalin Island, Russia). *Tectonophysics*, 485(1-4): 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.12.002>
148. Tikhonov I.N., Rodkin M.V. **2012**. The current state of art in earthquake prediction, typical precursors, and experience in earthquake forecasting at Sakhalin Island and surrounding areas. In: *Earthquake Research and Analysis – Statistical Studies, Observations and Planning*, Ch. 5, p. 43–78. <https://doi.org/10.5772/28689>
149. Torunbalci N. **2004**. Seismic isolation and energy dissipating systems in earthquake resistant design. In: *13th World Conf. on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6*. Paper No. 3273. URL: https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_3273.pdf
150. Wang K., Chen Q-F., Sun S., Wang A. **2006**. Predicting the 1975 Haicheng Earthquake. *Bull. of the Seismological Society of America*, 96(3): 757–795. <https://doi.org/10.1785/0120050191>
151. Wyss M. et al. **1997**. Cannot earthquakes be predicted? *Science*, 278(5337): 487–490. https://scholar.google.com/scholar_lookup?&title=Cannot%20earthquakes%20be%20predicted%3F&journal=Science&volume=278&publication_year=1997&author=Aceves%2CRL&author=Park%2CSK (accessed 05.09.2022)
152. Yin X., Yin C. **1991**. The precursor of instability for nonlinear system and its application to earthquake prediction. *Science in China*, 34: 977–986.
153. Yin X.C. et al. **1995**. A new approach to earthquake prediction: The Load/Unload Response Ratio (LURR) theory. *Pure and Applied Geophysics*, 145(3/4): 701–715. <https://doi.org/10.1007/bf00879596>
154. Yin X.C., Wang Y.C., Peng K.Y., Bai Y.L., Wang H.T., Yin X.F. **2001**. Development of a new approach to Earthquake Prediction: The Load/Unload Response Ratio (LURR) theory. *Pure and Applied Geophysics*, 157: 2365–2383. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-7695-7_29