

УДК 550.34.06.013.22

Сейсмичность Приханкайской низменности в период её затопления

© 2025 г. С.Б. Наумов

ФИЦ ЕГС РАН, г. Владивосток, Россия

Поступила в редакцию 07.03.2025 г.

Аннотация. Приморский край относится к регионам с низкой современной сейсмической активностью, и появление места, где возникают землетрясения с относительно высокой частотой, вызывает интерес и является объектом исследования [Shestakov *et al.*, 2018]. Рассмотрены два явления на Приханкайской низменности – затопление юго-восточного побережья озера Ханка и увеличение количества землетрясений в этом районе. Представлены результаты статистических наблюдений за землетрясениями в районе Приханкайской низменности за последние два десятка лет, показана площадь увеличения озера Ханка за этот период. Указаны предполагаемые причины увеличения озера Ханка и увеличения количества землетрясений, показана возможная взаимосвязь между этими природными явлениями. Описана причина первичного события, которое могло запустить эти два взаимосвязанных процесса. Приведены статистические данные за длительный период сейсмологических наблюдений, составлен каталог землетрясений за последние 20 лет.

Ключевые слова: сейсмичность, землетрясение, затопление, сейсмостанция, блоки, сейсмическая сеть, низменность, обводнение, разломы.

Для цитирования: Наумов С.Б. Сейсмичность Приханкайской низменности в период её затопления // Российский сейсмологический журнал. – 2025. – Т. 7, № 3. – С. 49–59. – DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2025.3.04>. – EDN: TMFNSA

Введение

На юге Приморского края находится Приханкайская низменность. Она расположена к югу от озера Ханка и ограничивается Восточно-Маньчжурскими горами на западе, восточная граница проходит по склонам гор Сихотэ-Алинь, на юге переходит в долину реки Суйфун (рис. 1). Площадь Приханкайской низменности составляет 18000 км², это 20% территории Приморского края. Геологическое строение низменности характеризуется в большинстве случаев угленосными отложениями палеогеновой системы кайнозойской группы. В районе озера Ханка представлены конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, аргиллиты и бурые угли палеогеновой и неогеновой систем. Широко представлены интрузивные породы: граниты, гранодиориты, диориты. Встречаются значительные континентальные отложения (каменные угли, песчаники и другие). Равнину пересекают многочисленные разломы [Геология СССР, 1969].

Для оз. Ханка характерны многолетние колебания уровня воды. Периоды высокой и низ-

кой водности неодинаковы по продолжительности, они чередуются через каждые 10–17 лет. Подъем воды обычно длится несколько лет, при этом уровень повышается на 1.4–1.5 м. Такие быстрые трансгрессии наблюдались в 1910–1920,

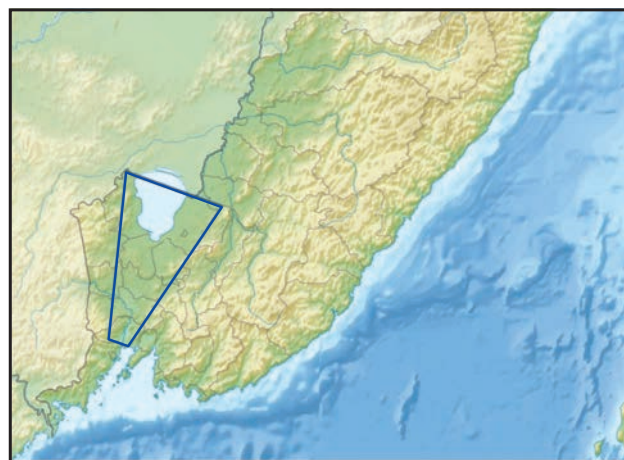


Рис. 1. Схема расположения оз. Ханка и Приханкайской низменности на территории Дальнего Востока

На Приханкайской низменности 85% землетрясений являются коровыми.

С 2007 г. по настоящее время в радиусе 100 км от центра оз. Ханка зарегистрировано 14 землетрясений в Приханкайской низменности и прилегающих к ней районах. Большинство землетрясений произошло в юго-восточной части территории и под самим озером, в южной его половине.

Сейсмичность Приханкайской низменности выражается землетрясениями с разными глубинами расположения очагов. Строение земной коры — разломно-блоковое. Разрывные нарушения в Приханкайской низменности образуют разветвлённую сеть. Следовательно, тектонические движения здесь были и будут происходить.

Методика исследования

Сейсмическая обстановка в Приханкайской низменности оценивается по количеству землетрясений на её территории, по времени и месту произошедших сейсмических событий. Для регистрации землетрясений используется сеть сейсмических станций Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (ФИЦ ЕГС РАН) на территории При-

морского края. Для описываемого периода сеть состояла из шести станций (рис. 4).

Наблюдение за сейсмическими событиями ведётся круглосуточно в режиме, близком к реальному времени [Наумов и др., 2021]. Для определения параметров землетрясений используется программное обеспечение DIMAS. Программа предназначена для всесторонней обработки и анализа цифровых сейсмических сигналов, поступающих с систем сбора [Droznin, Droznina, 2011].

Для регистрации сейсмических событий использовались сейсмометры: скважинный велосиметр CMG-3ESPCB, чувствительный к колебаниям основания в диапазоне частоты 0.0083–50 Гц; велосиметр CMG-6T с диапазоном частот 0.033–100 Гц; высокочастотный велосиметр CMG-40T с диапазоном частот от 1 до 50 Гц; сейсмометр Trillium Horizon 120 с диапазоном частот 0.0083–150 Гц; велосиметр CM-3OC с диапазоном частот 0.02–10 Гц; сейсмометр Streckeisen STS-2 с диапазоном частот 0.0083–10 Гц. Таким образом, за счёт использования датчиков с различными рабочими диапазонами частот образуется широкая полоса частот от 0.0083 до 150 Гц для регистрации сейсмических сигналов и их дальнейшей обработки.

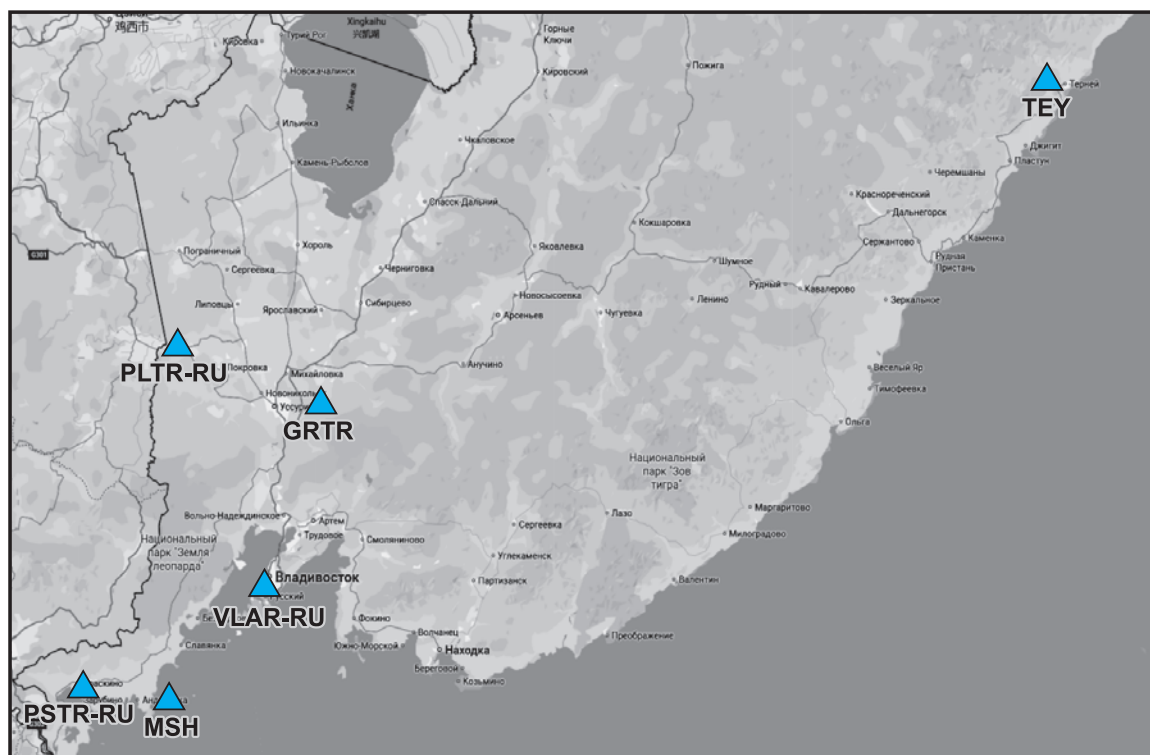


Рис. 4. Сеть сейсмических станций на территории Приморского края за период с 2000 по 2024 год.

Географическое расположение станций: MSH — мыс Шульца, PSTR-RU — пос. Посыет, VLAR-RU — г. Владивосток, GRTR — н.п. Горно-Таёжное, PLTR-RU — с. Полтавка, TEY — пос. Терней

Фактический материал

По исследованиям Дальневосточного геологического института [Атлас ..., 1998], как показано на схеме сейсмической опасности (рис. 5), не только северо-восточная часть Приханкайской низменности находится в зоне высокой сейсмической опасности, но и южная часть тоже, она же входит в Приморскую зону возможных очагов землетрясений.

Рассмотрим юг Приморья – район, в котором находится Приханкайская низменность. Здесь наиболее сильные сейсмические события произошли в 1962 и 1967 гг., поэтому на карте сейсмической активности, построенной на основе данных 1975–2015 гг., этот район выражен слабо (рис. 6).

Карта условной деформации (рис. 7), как и карта эпицентров (рис. 8), демонстрирует, что сейсмическую активность Южного Приморья можно отнести к умеренно слабой.

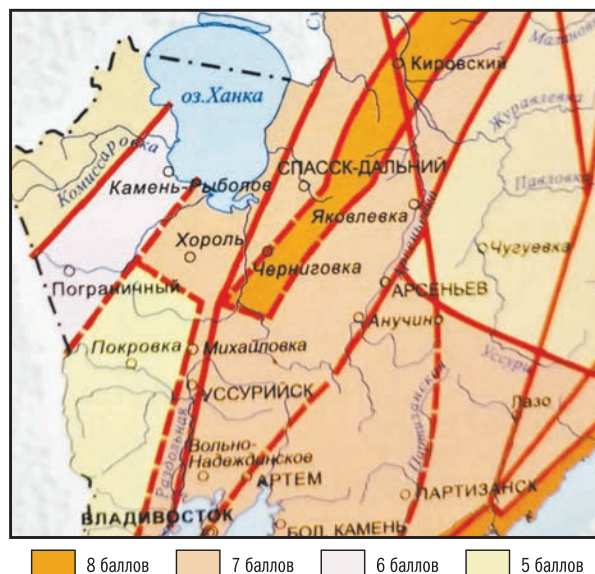


Рис. 5. Районы сейсмической опасности. Атлас Приморского края, ТИГ ДВО РАН [Атлас ..., 1998].

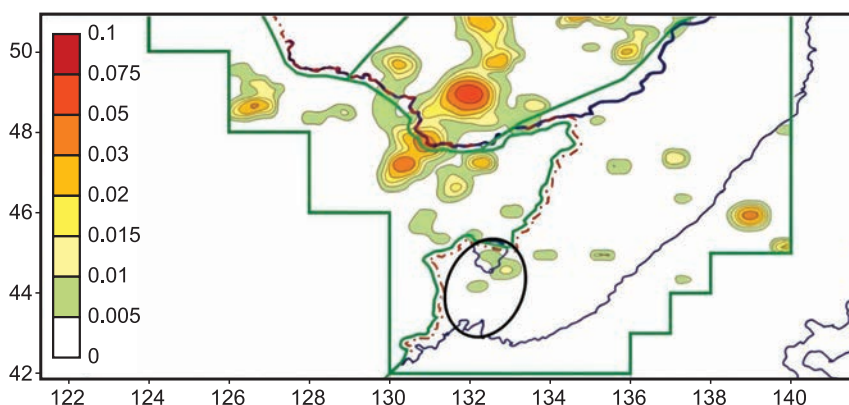


Рис. 6. Сейсмическая активность Приморья по данным каталога землетрясений 1975–2015 гг.

Изолинии оконтуривают области, где ежегодное количество землетрясений энергетического класса 10 из расчёта на 1000 км² равно либо превышает указанное значение. Чёрный овал отмечает район исследований

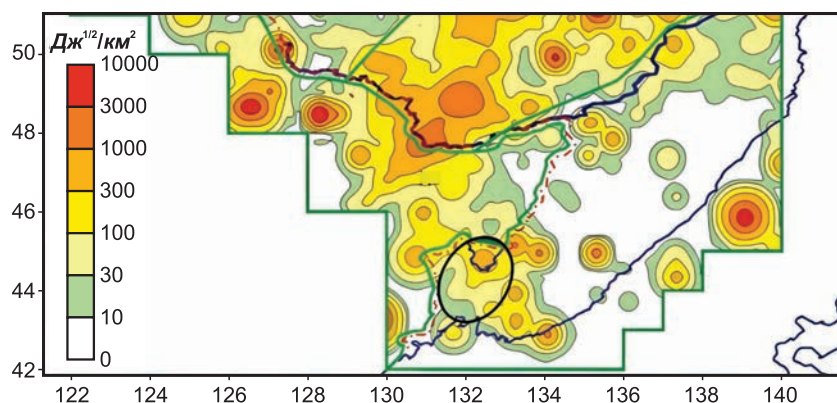


Рис. 7. Плотность условной деформации известных землетрясений Приамурья и Приморья в период 1865–2015 гг.

Чёрный овал отмечает район исследований

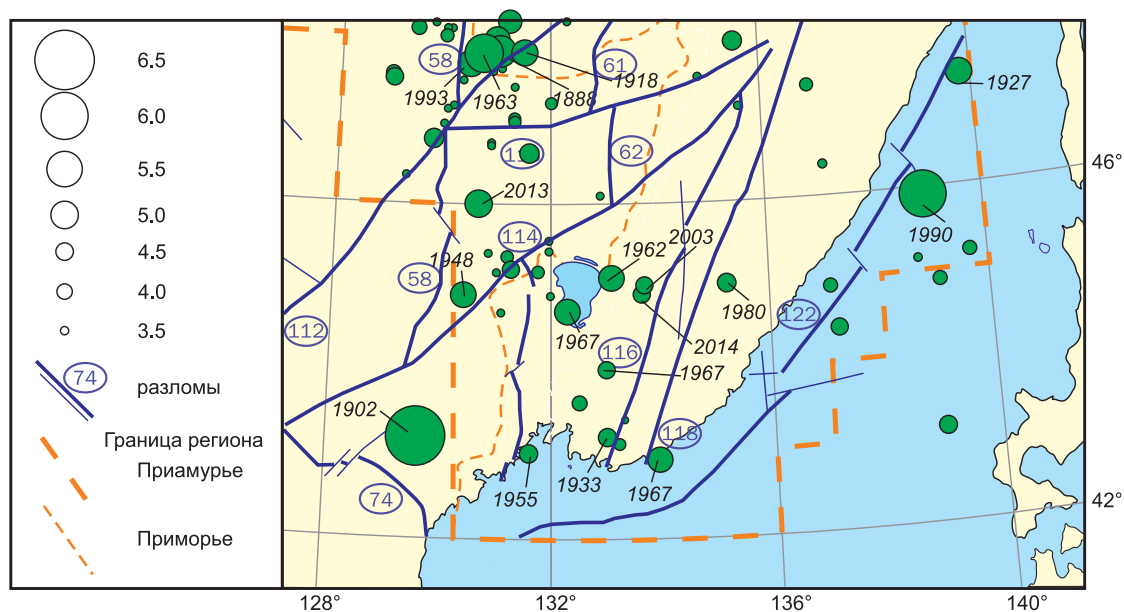


Рис. 8. Эпицентры землетрясений Приморья с $M \geq 3.3$ за период 1865–2015 гг.

Показана схема разломов согласно [Тектоника ..., 2004]. Указан год землетрясений, упомянутых в тексте. Чёрный овал отмечает район исследований

Согласно собранной макросейсмической информации, на юге Приморья неоднократно регистрировались землетрясения с интенсивностью сотрясений до 7 баллов [Сафонов и др., 2019].

Территориально очаги ощутимых землетрясений разделяются на три группы (табл. 1).

Таблица 1. Группы ощутимых землетрясений

Наименование группы	Дата землетрясения, гггг	Магнитуда M
Партизанская	1933	4.5
	1962	2.7
	1971	4.1
Владивостокская	1950	4.1
	1955	4.4
	1962	5.0
Ханкайская	1967	5.0
	2003	4.4
	2014	4.4

Рассматривалась Ханкайская группа очагов ощутимых землетрясений, находящихся вблизи озера Ханка. Интерес вызывают два землетрясения.

Лесозаводское землетрясение произошло 15 августа 1962 г. ($M=5.0$, $h=30$ км). По данным Л.Д. Мирошникова, землетрясение ощущалось интенсивностью до 6 баллов в г. Лесозаводске и силой до 3 баллов во Владивостоке [Shestakov et al., 2018]. Плейстосейстовая область располагалась в северной части Приханкайской низменности.

Ханкайское землетрясение зарегистрировано 15 августа 1967 г. ($M=5.0$; $h=7-15$ км), рис. 9. Это самое сильное землетрясение за период системного наблюдения за сейсмичностью Приморья с 1911 г., оно произошло в южной части оз. Ханка. Коровое землетрясение на южном побережье озера ощущалось с интенсивностью 8 баллов [Абрамов, 2011]. Землетрясение проявилось примерно на 3/4 площади Приморского края (рис. 9), а в ближайших к эпицентру пунктах значительно повредило сельские постройки. После основного события был отмечен ряд афтершоков в радиусе 25 км и более [Shestakov et al., 2018].

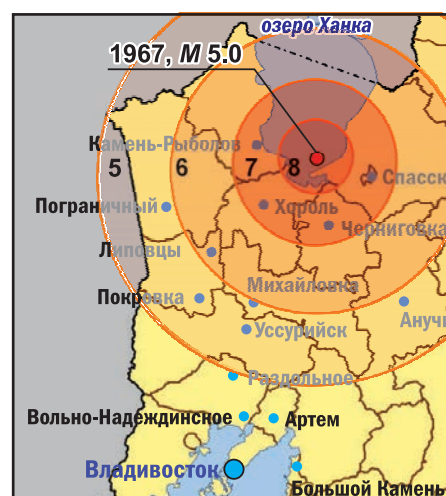


Рис. 9. Интенсивность сотрясений при Ханкайском землетрясении 1967 г.

На территории Приханкайской низменности располагается Южно-Синегорская впадина. Лесозаводское и Ханкайское землетрясения произошли на границе этой впадины (рис. 10). 5 февраля 2023 г. в этом районе на северной границе Южно-Синегорской впадины произошли два землетрясения с разницей во времени 8 мин (рис. 10): первое – в 01:34:44 с $M=2.9$ на глубине 12 км; второе – в 01:42:17 с $M=3.2$ на глубине 6 км.

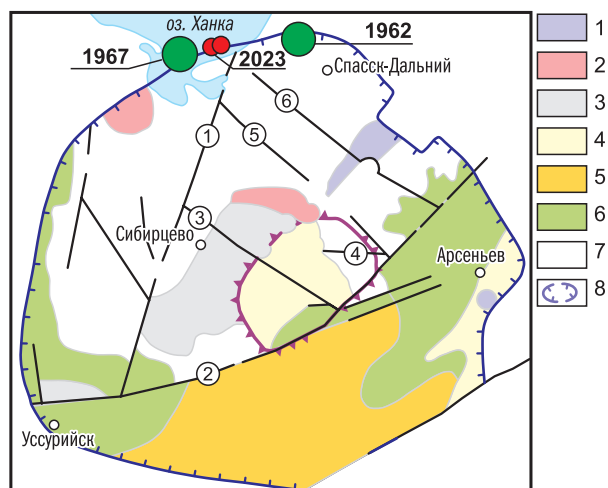


Рис. 10. Схема расположения эпицентров землетрясений на северной границе Южно-Синегорской впадины в прошлом и настоящем времени.

1 – раннемеловые гранитоиды; 2 – верхнепермские вулканогенные отложения; 3 – ниже-среднекарбонные вулканогенные образования; 4 – средне-верхнедевонские вулканогенно-осадочные образования; 5 – нижедевонские вулканиты; 6 – силур-девонские граниты; 7 – породы рифея-силура; 8 – контур Южно-Синегорской впадины

Не только эти два землетрясения, но и ряд других землетрясений в период увеличения оз. Ханка с 1992 по 2024 г. отмечен по периметру Южно-Синегорской впадины (рис. 11).

За последние 20 лет на территории Приханкайской низменности происходили землетрясения, не связанные с границей Южно-Синегорской впадины (табл. 2, рис. 11).

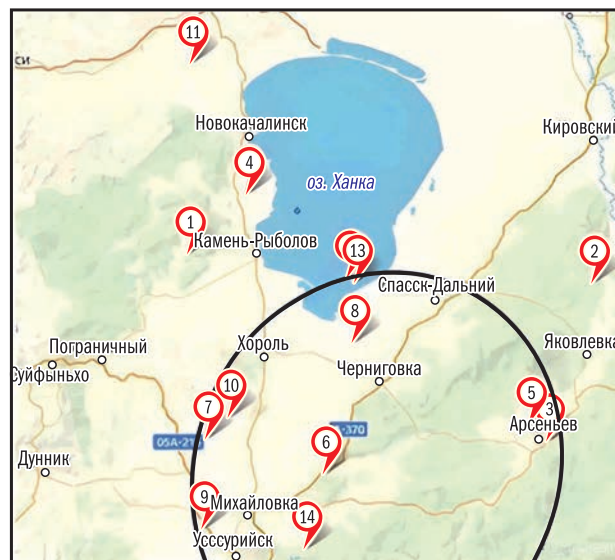


Рис. 11. Схема эпицентров землетрясений, зарегистрированных в Приханкайской низменности в период наблюдений с 2004 по 2024 год.

Чёрной линией обозначена условная граница Южно-Синегорской впадины

Таблица 2. Каталог землетрясений за 20 лет в районе Приханкайской низменности

№	Дата, время в очаге, дд.мм.гггг чч:мм:сс.с	φ, °N	λ, °E	h, км	Магнитуда M
1	14.09.2011 01:08:06.3	44.993	131.530	25	4.2
2	12.04.2014 21:22:44.1	44.655	133.494	23	5.0
3	21.01.2017 03:22:23.7	44.162	133.297	6	4.3
4	21.01.2017 03:41:48.8	44.641	132.198	5	3.5
5	24.01.2018 06:15:42.2	44.214	133.221	445	4.8
6	21.07.2018 20:36:39.4	44.043	132.327	14	2.8
7	24.02.2020 03:22:19.1	44.170	131.817	4	2.3
8	12.07.2020 04:20:27.5	44.470	132.459	33	4.7
9	27.12.2020 05:06:56.6	43.889	131.803	8	2.2
10	13.02.2021 14:07:46.4	44.235	131.920	60	3.0
11	04.02.2022 15:18:28.6	45.326	131.755	0	4.0
12	05.02.2023 01:34:44.5	44.667	132.442	13	2.9
13	05.02.2023 01:42:17.2	44.655	132.462	6	3.2
14	24.06.2023 00:58:32.8	43.825	132.250	33	4.6

Результаты исследования, их обсуждение

Все вышеизложенные материалы представлены для того, чтобы прийти к результату, отражающему связь между расширением оз. Ханка и увеличением сейсмичности Приханкайской низменности.

Один интересный факт отмечен в [Ивашинников, 1973] — эпицентральной зона Ханкайского и Лесозаводского землетрясений располагается на границах Южно-Синегорской впадины, наложенной на Ханкайский массив и выполненной мезозойскими осадками (рис. 10) [Горошко, Чеканцев, 2001]. Отдельные южные участки этой впадины на тот момент испытывали подъём со скоростью 1 мм/год , а северная её часть, наоборот, погружалась. Возможно, что подобными контрастными подвижками и объясняется возникновение этих землетрясений [Леонов и др., 1977].

Это предположение, в том числе, объясняет расширение озера в юго-восточной его части. В то время расширение озера не регистрировали по той причине, что жилые и хозяйственные строения находились далеко от кромки воды. Медленное расширение озера не вызывало никаких неудобств, на это попросту не обращали внимания.

Похоже, что этот процесс продолжается и в настоящее время [Vikulin, 2008; Vikulin, Ivanchin, 2013; Vikulin et al., 2016]. За последние 20 лет площадь озера увеличилась с 4000 до 4700 км². Землетрясения на северной границе Южно-Синегорской впадины продолжают происходить (рис. 10, табл. 2).

Подвижки возникали по всему периметру Южно-Синегорской впадины, в период увеличения оз. Ханка с 1992 по 2024 г. 50% землетрясений произошли на границе Южно-Синегорской впадины (рис. 11). В настоящее время исследования по вертикальному смещению краёв Южно-Синегорской впадины не ведутся, но затопление северной её части и землетрясения, происходящие на границах впадины, свидетельствуют, что подвижки продолжаются.

Огромная масса воды на обширной территории естественно оказывает влияние на массивы горных пород, находящихся поблизости. Целый ряд наблюдений за крупными водоёмами подтверждает эту взаимосвязь, которая выражается как наведённая сейсмичность [Авакян и др., 1986]. Наблюдается это явление на территориях вблизи именно новых водохранилищ [Соболев и др., 2000]. Рассматриваемые нами затопленные районы подходят под эту категорию.

Длительные наблюдения за водохранилищами и проведённые исследования на территориях, прилегающих к ним, показали причины возникновения наведённых землетрясений: первое — снижение прочности породы при обводнении трещин [Ташилова, 2011; Ташилова, Викулин, 2016; Смирнов, 2020]; второе — возрастание упругого напряжения, которое усиливается с увеличением водохранилища [Кузин, Калинин, 1981].

Наведённая сейсмичность проявляется только при образовании очень крупных водохранилищ с высоким столбом воды. Исследователями определена зависимость количества наведённых землетрясений от высоты плотины — при высоте плотины от 10 до 100 м только 10% землетрясений были наведёнными [Фролова, 2017].

Как повлияли образовавшиеся новые водные районы на сейсмичность Приханкайской низменности вблизи этих районов? Максимальная глубина в них достигает до 2 м, если рассмотреть линейную зависимость количества наведённых землетрясений от высоты плотины, отмеченную в статье [Фролова, 2017], то получается, что высота столба воды в 5 раз меньше минимальной высоты плотины, а значит, вероятность возникновения наведённых землетрясений будет крайне мала. Столб воды высотой 2 м создаёт давление 0.2 кгс/см^2 , такое давление даже слабого упругого напряжения в горных породах создать не может. Обводнение трещин на большой территории имеет более значимое воздействие на сейсмичность Приханкайской низменности. Но статистика показывает, что 80% землетрясений произошли далеко от зоны затопления. На обводнённых территориях и вблизи них произошло всего три землетрясения, что не является показателем влияния этих районов на сейсмичность Приханкайской низменности.

Очень важный факт, что новые водные пространства образовались, а уровень воды в озере не увеличился и глубины в старых границах озера остались прежние. Исследования проводились в 2016 и 2019 гг. [Федеральная ..., 2019]. Данный факт явно показывает, что происходит процесс опускания блоков земной коры в этом месте. Связано ли это с движением Южно-Синегорской впадины как единого элемента структуры, не ясно, нужно провести инструментальные исследования. Землетрясения разбросаны по всей территории Приханкайской низменности (рис. 11), и, учитывая блочно-разрывную структуру этого района, можно сказать, что подвижки между блоками не являются следствием подтопления Приханкайской низменности, а наоборот.

Заключение

1. Учитывая блочно-разрывную структуру построения Приханкайской низменности, а также затопление низменности в засушливые годы при неизменяющихся глубинах озера, можно предположить, что причиной увеличения оз. Ханка в юго-восточной части является не увеличение объёма воды, а опускание блоков горных пород в северо-восточной части Приханкайской низменности.

2. Уровень наведённой сейсмичности на Приханкайской низменности — крайне низкий, и как причину возникновения землетрясений его можно исключить.

3. Сейсмичность Приханкайской низменности в период её подтопления формируется природными тектоническими землетрясениями и не является следствием расширения оз. Ханка.

Работа выполнена с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

Литература

- Абрамов В.А. Самое сильное землетрясение // Энциклопедия Приморья. Т. 13. Катастрофы и криминал [сайт]. — [Владивосток, 2011]. — URL: <https://alltopprim.ru/archives/1097>
- Авакян А.Б., Матарзин Ю.М. и др. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. — М.: Наука, 1986. — 366 с.
- Атлас Приморского края / Ред. Е.И. Наздратенко, Н.М. Цымбаленко и др. — Владивосток: ДВ АГП, 1998. — С. 19.
- Геология СССР. Том XXXII. Приморский край. Часть 1. Геологическое описание / Гл. ред. А.В. Сидоренко. — М.: Недра, 1969. — 696 с.
- Горелов П.В., Шкабарня Н.Г., Нагорнова Н.А. Анализ сейсмической активности и разрывных нарушений Приморского края // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 7-4 (49). — С. 146–149. — DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.068. — EDN: WEYJTL
- Горошко М.В., Чеканцев Н.К. Ураноносность Южно-Синегорского рудного района (Приморье) // Тихоокеанская геология. — 2001. — Т. 20, № 4. — С. 19–30. — EDN: ZUGCNX
- Ивашишников Ю.К. О палеографическом значении Хорольско-Гайворонского хребта в прогнозе минеральных ресурсов Ханканской впадины // Тезисы V совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Вып. 1, ч. 1. — Иркутск: Издательство «Б.и.», 1973. — 182 с.
- Кузин И.П., Калинин Н.И. Особенности сейсмичности в зоне водохранилища Ингури ГЭС в связи с его заполнением // Геолого-геофизические исследования в районе Ингури ГЭС. — Тбилиси: Мецниереба, 1981. — 213 с.
- Леонов Н.Н., Берсенева И.И., Гришкян Р.И. и др. Сейсмическое районирование Приморья и Приамурья // Сейсмическое районирование Курильских островов, Приморья и Приамурья / Отв. ред. С.Л. Соловьев. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. — С. 143–156.
- Махинов А.Н. Озеро Ханка: подъём уровня воды, его масштабы и последствия // Природа. — 2020. — № 11. — С. 37–45. — DOI: 10.7868/S0032874X20110046. — EDN: IDXQON
- Наумов С.Б., Овчаренко В.В., Jeong B., Kim Y.W. Развитие сети сейсмических станций в Приморье // Физика геосфер [Электронный ресурс]: Двенадцатый Всероссийский симпозиум. Материалы докладов. — Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2021. — С. 77–80. — URL: <https://www.poi.dvo.ru/conf/phg2021>
- Органова Н.М., Кручинина Л.М. Геолого-геофизические условия сейсмичности в юго-западной части Приморья // Советская геология. — 1978. — № 12. — С. 122–124.
- Погода и климат [сайт]. — URL: www.pogodaiklimat.ru (дата обращения 15.03.2025).
- Садовский М.А. О естественной кусковатости горных пород // Доклады Академии наук СССР. — 1979. — Т. 244, № 4. — С. 829–832.
- Сафонов Д.А. Сейсмическая активность Приамурья и Приморья // Геосистемы переходных зон. — 2018. — Т. 2, № 2. — С. 104–115. — DOI: 10.30730/2541-8912.2018.2.2.104-115. — EDN: URIDIP
- Смирнов В.Б., Пономарёв А.В. Физика переходных режимов сейсмичности. — М.: РАН, 2020. — 412 с.
- Соболев Г.А., Аносов Г.И., Аптикаев Ф.Ф., Арефьев С.С., Бесстраинов В.М. и др. Природные опасности России. Т. 2. Сейсмические опасности. — М.: Издательская фирма «КРУК», 2000. — 296 с. — EDN: VDJOMZ
- Ташлыкова Т.А. Наведённая сейсмичность Ангарского каскада: миф или реальность? // IX Российско-Монгольская конференция по астрономии и геофизике. Тезисы докладов. — Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2011. — С. 24.
- Ташлыкова Т.А., Викулин А.В. Проблема наведённой сейсмичности // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XIX региональной конференции, посвящённой Дню вулканолога. — Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2016. — С. 283–289.

Тектоника, глубинное строение и минерагения Приморья и сопредельных территорий / Отв. ред. А.С. Вольский, Г.А. Шатков. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. — 190 с.

Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах». — М.: Правительственный вестник, 2012. — 249 с. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/902343713?marker=6540IN>

Фролова А.Г. О влиянии Токтогульского водохранилища на сейсмичность вблизи плотины // Вестник Института сейсмологии НАН КР. — 2017. — № 2 (10). — С. 122.

Droznin D.V., Droznina S.Y. Interactive DIMAS program for processing seismic signals // Seismic Instruments. — 2011. — V. 47, N 3. — P. 215–224. — DOI: 10.3103/S0747923911030054

Shestakov N.V., Krasnopeyev S.M., Gerasimenko M.D., Safonov D.A., Kovalenko N.S., Kasatkin S.A., Meng G.

The investigation results of the April 12, 2014, $M=4.5$ Primorye earthquake (Far Eastern Russia) // Russian Journal of Pacific Geology. — 2018. — V. 12, N 1. — P. 46–56. — DOI: 10.1134/S1819714018010074. — EDN: XYACMH

Vikulin A.V. Energy and moment of the Earth's rotation elastic field // Russian Geology and Geophysics. — 2008. — V. 49, N 6. — P. 422–429. — DOI: 10.1016/j.rgg.2007.11.012. — EDN: LLAUJX

Vikulin A.V., Gerus A.I., Dolgaya A.A., Makhmudov K.F., Ivanchin A.G. On wave and rheidity properties of the Earth's crust // Physics of the Solid State. — 2016. — V. 58, N 3. — P. 561–571. — DOI: 10.1134/S1063783416030306. — EDN: WTGOEJ

Vikulin A.V., Ivanchin A.G. Modern concept of block hierarchy in the structure of geomedium and its implications in geosciences // Journal of Mining Science. — 2013. — V. 49, N 3. — P. 395–408. — DOI: 10.1134/S1062739149030076. — EDN: SLBBIZ

Сведения об авторе

Наумов Сергей Борисович, рук. сейсмической станции «Владивосток» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН), г. Владивосток, Россия. E-mail: revtrud@yandex.ru

Seismicity of the Prikhankai lowland during its flooding

© 2025 S.B. Naumov

GS RAS, Vladivostok, Russia

Received March 7, 2025

Abstract Primorsky Krai belongs to the regions with low modern seismic activity. And the appearance of a place where earthquakes occur with a relatively high frequency is of interest and is an object of research. The article examines two phenomena in the Prikhankai lowland, namely flooding of the southeastern coast of Lake Khanka and an increase in the number of earthquakes in the area. The results of statistical observations of earthquakes in the area of the Prikhankai lowland over the past two decades are presented, and the area of Lake Khanka increase during this period is shown. The article indicates the alleged reasons for the increase in Lake Khanka and the increase in the number of earthquakes, and shows the possible relationship between these natural phenomena. The cause of the primary event that could trigger these two interrelated processes is described. The article presents statistical data for a long period of seismological observations and compiled a catalog of earthquakes over the past twenty years.

Keywords Seismicity, earthquake, flooding, seismic station, seismic network, lowlands, flooding, faults, blocks.

For citation Naumov, S.B. (2025). [Seismicity of the Prikhankai lowland during its flooding]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 7(3), 49–59. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2025.3.04>. EDN: TMFNSA.

References

- Abramov, V.A. (2011). [The strongest earthquake]. In *Entsiklopediia Primor'ia. T. 13. Katastrofy i kriminal [sait]* [Encyclopedia of Primorye. Vol. 13. Disasters and Crime [website]]. Vladivostok, Russia. (In Russ.).
- Avakyan, A.B., Matarzin, Yu.M., et al. (1986). *Vodokhranilishcha i ikh vozdeistvie na okruzhaiushchiu sredu* [Reservoirs and their impact on the environment]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 366 p. (In Russ.).
- Droznin, D.V., & Droznina, S.Y. (2011). Interactive DIMAS program for processing seismic signals. *Seismic Instruments*, 47(3), 215–224. DOI: 10.3103/S0747923911030054
- Federal'naiia tselevaia programma "Razvitie vodokhoziaistvennogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii v 2012–2020 godakh"* [Federal Target Program "Development of the water management complex of the Russian Federation in 2012–2020"] (2012). Moscow, Russia: Government Bulletin Publ., 249 p. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902343713?marker=6540IN>
- Frolova, A.G. (2017). [On the influence of the Toktogul reservoir on seismicity near the dam]. *Vestnik Instituta seismologii NAN KR* [Bulletin of the Institute of Seismology of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic], 2(10), 122–122.
- Gorelov, P.V., Shkabarnya, N.G., & Nagornova, N.A. (2016). [Analysis of seismic activity and faults Primorye]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Scientific Research Journal], 7-4(49), 146–149. (In Russ.). DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.068. EDN: WEYJTL
- Goroshko, M.V., & Chekantsev, N.K. (2001). [Uranium potential of the South Sinegorsk ore district (Primorye)]. *Tikhookeanskaia geologiya* [Pacific Geology], 20(4), 19–30. (In Russ.). EDN: ZUGCNX
- Ivashinnikov, Yu.K. (1973). [On the paleographic significance of the Khorolsko-Gaivoronsky ridge in the forecast of the mineral resources of the Khankan depression]. In *Tezisy V soveshchaniia geografov Sibiri i Dal'nego Vostoka. Byp. 1, ch. 1* [Abstracts of the V Conference of Geographers of Siberia and the Far East. Iss. 1, Part 1]. Irkutsk, Russia: Publ. House "B.i.", 182 p. (In Russ.).
- Kuzin, I.P., & Kalinin, N.I. (1981). [Features of seismicity in the Inguri HPP reservoir area in connection with its filling]. In *Geologo-geofizicheskie issledovaniia v raione Inguri GES* [Geological and geophysical research in the Inguri HPP area]. Tbilisi, Georgia: Metsniereba Publ., 213 p. (In Russ.).
- Leonov, N.N., Bersenev, I.I., Grishkyan, R.I. et al. (1977). [Seismic zoning of Primorye and Amur region]. In *Seismicheskoe raionirovanie Kuril'skikh ostrovov, Primor'ia i Priamur'ia. Otv. red. S.L. Solov'ev* [Seismic zoning of the Kuril Islands, Primorye and Amur region. Resp. ed. S.L. Soloviev] (pp. 143–156). Vladivostok,

- Russia: Far Eastern Scientific Center of the AS USSR Publ. (In Russ.).
- Makhinov, A.N. (2020). [Lake Khanka: Rise in water level, its scale and consequences]. *Priroda* [Nature], 11, 37-45. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0032874X20110046. EDN: IDXQON
- Naumov, S.B., Ovcharenko, V.V., Jeong, B., & Kim, Y.W. (2021). [The development of a network of seismic stations in Primorye]. In *Fizika geosfer: Dvenadtsaty Vserossiiskii simpozium. Materialy dokladov* [Physics of Geospheres: Twelfth All-Russian Symposium. Materials of Reports] (pp. 77-80). Vladivostok, Russia: TOI FEB RAS Publ. (In Russ.). Available at: <https://www.poi.dvo.ru/conf/phg2021>
- Nazdratenko, E.I., Tsybalenko, N.M. et al. (Eds.). (1998). *Atlas Primorskogo kraia* [Atlas of the Primorsky Territory] (pp. 19-19). Vladivostok, Russia: Far Eastern Aerogeodetic Enterprise Publ. (In Russ.).
- Organova, N.M., & Kruchinina, L.M. (1978). [Geological and geophysical conditions of seismicity in the southwestern part of Primorye]. *Sovetskaia geologiya* [Soviet Geology], 12, 122-124. (In Russ.).
- Pogoda i klimat* [Weather and Climate] [website]. (In Russ.). Retrieved from www.pogodaiklimat.ru (accessed 2025.03.15).
- Sadovsky, M.A. (1979). [On the natural lumpiness of rocks]. *Doklady Akademii nauk SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], 4, 829-832. (In Russ.).
- Safonov, D.A. Seismic activity of the Amur region and Primorye // Geosystems of transition zones. — 2018. — Vol. 2, No. 2. — pp. 104-115. — DOI: 10.30730/2541-8912.2018.2.2.104-115. — EDN: URIDIP
- Shestakov, N.V., Krasnopeyev, S.M., Gerasimenko, M.D., Safonov, D.A., Kovalenko, N.S., Kasatkin, S.A., & Meng, G. (2018). The investigation results of the April 12, 2014, M=4.5 Primorye earthquake (Far Eastern Russia). *Russian Journal of Pacific Geology*, 12(1), 46-56. DOI: 10.1134/S1819714018010074. EDN: XYACMH
- Sidorenko, A.V. (Resp. ed.). (1969). *Geologiya SSSR. Tom XXXII. Primorskii krai. Chast' 1. Geologicheskoe opisanie* [Geology of the USSR. Vol. XXXII. Primorsky Krai. Part 1. Geological description]. Moscow, Russia: Nedra Publ., 696 p. (In Russ.).
- Smirnov, V.B., & Ponomarev, A.V. (2020). *Fizika perekhodnykh rezhimov seismichnosti* [Physics of transient seismic regimes]. Moscow, Russia: RAS Publ., 412 p. (In Russ.).
- Sobolev, G.A., Anosov, G.I., Aptikaev, F.F., Arefiev, S.S., Besstrashnov, V.M. et al. (2000). *Prirodnye opasnosti Rossii. T. 2. Seismicheskie opasnosti* [Natural hazards of Russia. Vol. 2. Seismic hazards]. Moscow, Russia: KRUK Publ., 296 p. (In Russ.). EDN: VDJOMZ
- Tashlykova, T.A. (2011). [Induced seismicity of the Angarsk cascade: myth or reality?]. In *IX Rossiisko-Mongol'skaia konferentsiia po astronomii i geofizike. Tezisy dokladov* [Abstracts of the IX Russian-Mongolian Conference on Astronomy and Geophysics] (pp. 24-24). Irkutsk, Russia: ISTP SB RAS Publ. (In Russ.).
- Tashlykova, T.A., & Vikulin, A.V. (2016). [The problem of induced seismicity]. In *Vulkanizm i svyazannye s nim protsessy. Materialy XIX regional'noi konferentsii, posviashchennoi Dniu vulkanologa* [Volcanism and related processes. Proceedings of the XIX regional conference dedicated to the Day of the Volcanologist] (pp. 283-289). Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: IViS FEB RAS. (In Russ.).
- Vikulin, A.V. (2008). Energy and moment of the Earth's rotation elastic field. *Russian Geology and Geophysics*, 49(6), 422-429. DOI: 10.1016/j.rgg.2007.11.012. EDN: LLAUJX
- Vikulin, A.V., & Ivanchin, A.G. (2013). Modern concept of block hierarchy in the structure of geomedium and its implications in geosciences. *Journal of Mining Science*, 49(3), 395-408. DOI: 10.1134/S1062739149030076. EDN: SLBBIZ
- Vikulin, A.V., Gerus, A.I., Dolgaya, A.A., Makhmudov, K.F., & Ivanchin, A.G. (2016). On wave and rheidity properties of the Earth's crust. *Physics of the Solid State*, 58(3), 561-571. DOI: 10.1134/S1063783416030306. EDN: WTGOEJ
- Volsky, A.S., & Shatkov, G.A. (Eds.). (2004). *Tektonika, glubinnoe stroenie i mineragiia Priamur'ia i sopredel'nykh territorii* [Tectonics, deep structure and minerageny of the Amur region and adjacent territories]. Saint Petersburg, Russia: VSEGEI Publ., 190 p.

Information about author

Naumov Sergey Borisovich, Head of the Vladivostok seismic station of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (GS RAS), Vladivostok, Russia. E-mail: revtrud@yandex.ru