

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ НА СЕЙСМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ В ПРИБАЙКАЛЬЕ

Автор: *Шайдулина Мария*, 11 класс, МБОУ СОШ № 50,

г. Слюдянка, Иркутская обл.

Руководитель: *Снопков Сергей Викторович*

2020 год стал годом повышенной сейсмической активности в Прибайкалье. В течение года произошло несколько ощутимых сейсмических событий (энергетический класс более 12) по всему региону. Этот же - 2020 год - стал аномальным по отметкам уровня воды в Байкале. Автором была высказана гипотеза, что возможно указанные выше явления связаны между собой, и повышение сейсмической активности на Байкале связано с повышением уровня воды в озере.

Целью исследовательской работы была проверка гипотезы о влиянии уровня воды в Байкале на сейсмическую активность в Прибайкалье. Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- 1) собрать информацию о землетрясениях в Прибайкалье и изменении уровня воды в Байкале;
- 2) изучить характер изменения уровня воды и сейсмической активности, провести анализ взаимозависимости параметров;

Для решения задач, автором был проведен поиск информации в Интернете, энциклопедиях и научной литературе; с помощью программы Excel Microsoft Office были построены графики изменения уровня воды и сейсмической активности по среднегодовым показателям и рассчитана коррелируемость параметров. Для расчетов были использованы данные о суммарной энергии сейсмических событий за год, предоставленные сотрудниками Иркутского треста строительных изысканий, и среднегодовом уровне воды в Байкале, опубликованные в атласе «Байкал» (Байкал, 1993). Собранные данные охватывают период с 1901 по 1986 гг.

1. Сейсмичность Прибайкалья

Озеро Байкал расположено в центральной части Байкальской рифтовой зоны (БРЗ), которая представляет собой крупную внутриконтинентальную тектоническую структуру. Формирование современного облика рифтовой структуры началось более 20 млн. лет назад в результате существенного увеличения скорости тектонических движений. Высокая активность тектонических процессов продолжается и в настоящее время, что выражается в высокой сейсмической активности. Многочисленные землетрясения достаточно равномерно занимают всю территорию БРЗ, группируясь вдоль рифтовых структур. (Байкал ..., 2011) В

настоящее время в Прибайкалье и Забайкалье наблюдение за сейсмичностью ведут около 30 станций, которые фиксируют до 10 тыс. сейсмических событий в год, в том числе до 10-15 ощутимых землетрясений (энергетический класс более 12). (Байкальский..., 2020) Основная масса сейсмических событий располагается в средней части земной коры (10-25 км). БРЗ характеризуется сочетанием близгоризонтальных растягивающих и близвертикальных сжимающих напряжений. На рассматриваемой территории наиболее устойчиво проявляются растягивающие напряжения. В подавляющем большинстве оси растягивающих напряжений субгоризонтальны либо наклонны и ориентированы в северо-западном направлении. Сжимающие напряжения чаще всего субвертикальны или наклонны и направлены на северо-восток. (Байкал ..., 2011) Регион Прибайкалья и Забайкалья относится к одному из сейсмоопасных районов России. Здесь в прошлом происходили и возможны в будущем землетрясения магнитудой, превышающей 7,6. (Байкал, 1993; Байкал ..., 2011)

2. Изменение уровня воды в Байкале

1959-1960 гг. режим уровня Байкал был связан только с климатическими процессами. Зарегулирование стока плотиной Иркутской ГЭС повысило уровень озера в среднем на 77 см, а сток из озера стал в значительной мере регулироваться работой ГЭС. Амплитуда многолетних изменений уровня почти за 100-летний период составила 217 см. (Байкаловедение, 2012) Максимальный уровень Байкала был зафиксирован в 1972 году - 456,11 м. (Байкал, 1993) Последнее десятилетие на Байкале наблюдалось маловодие - в 2016 году уровень воды упал до отметки 454,65 м. В 2019-2020 гг. уровень водного зеркала озера начал подниматься, и в октябре 2020 года впервые за последние 35 лет достиг отметки 456,03 м по Балтийской системе оценки высот (или 284 см, относительно нулевой отметки гидропоста в п.Байкал). (Уровень ..., 2020)

3. Анализ характера изменения уровня воды в Байкале и сейсмичности

С помощью программы Excel Microsoft Office нами были построены графики изменения параметров (Приложения, Рис. 1) и диаграмма их сопоставления (Приложения, Рис. 2). Анализ характера изменения двух рассматриваемых параметров показал, что наблюдаются общие закономерности.

Для всего анализируемого периода, был рассчитан линейный коэффициент корреляции (R_{xy}) – статистический показатель, характеризующий силу взаимной статистической связи двух параметров. (Девис, 1977) Рассчитанный коэффициент составил 0,26, что свидетельствует о прямой зависимости параметров. Значимость статистической связи параметров была оценена путем расчета критерия Стьюдента, который составил - 2,507. Расчетное значение значительно превышает табличное значение критерия (1,98), что свидетельствует о высокой вероятности (не менее 95%) статистической связи. (Девис, 1977)

Детально сопоставляя графики изменения параметров, было выделено 4 периода, характеризующихся разными типами зависимости рассматриваемых параметров. **Первый период** (1904 – 1932 гг.) характеризуется устойчивой прямой статистической связью параметров ($R_{xy} = 0,59$) – локальная активизация сейсмической активности совпадает с локальным повышением уровня воды в озере; **второй период** (1933 – 1956 гг.) характеризуется устойчивой обратной статистической связью параметров ($R_{xy} = - 0,48$) – на фоне снижения уровня воды в течении двух десятилетий наблюдается плавное увеличение сейсмоактивности; **третий период** (1957 – 1962 гг.) – период заполнения Иркутского водохранилища после строительства ГЭС, подъем уровня воды в Байкале сопровождался увеличением сейсмической активности на фоне естественного её повышения ($R_{xy} = 0,92$); **четвертый период** (1963 – 1986 гг.) характеризуется четко выраженной прямой статистической связью параметров ($R_{xy} = 0,72$) – активизация сейсмической активности в высокой степени совпадает с многолетним повышением уровня воды в озере. Все полученные значения коэффициентов корреляции намного превышают граничные значения R_{xy} , что свидетельствует о высокой вероятности статистической связи параметров.

Интересно, что выявленные интервалы определенной зависимости уровня воды и сейсмичности, практически совпали с внутривековыми циклами колебания уровня воды: 1904-1929 гг., 1930-1958 гг. (Байкаловедение, 2012)

4. Расчет изменения массы воды в пределах тектонических блоков БРЗ

По карте активных разломов южной части Байкала была определена средняя площадь крупных тектонических блоков, которая составила около 500 км². С 2016 по 2020 год уровень воды поднялся в среднем почти на 1 м. Зная плотность воды (1 т/м³), было вычислено, что указанное повышение уровня воды привело к увеличению массы воды на 1 млн. тонн на км² (500 млн. тонн на каждый из тектонических блоков).

Известно, что увеличение веса участка земной коры приводит к нарушению изостатического равновесия земной коры, которая «плавает» в более плотном слое верхней мантии. Нарушения изостазии наблюдаются в районах крупных вулканических островов в океанах, где происходит извержение огромного объема магмы, на территориях образования покровных ледников. Эти явления увеличивают давление на участки земной коры, нарушают изостатическое равновесие и вызывают их погружение. Возможно, изменение уровня воды в Байкале также вызывает значимые изменения давления на тектонические блоки, тем самым усиливая сейсмическую активность.

Выводы

В ходе проведенного исследования было установлено, что:

1. Между сейсмической активностью и уровнем воды в Байкале существует значимая

статистическая связь.

2. Взаимозависимость анализируемых параметров имеет сложный характер. За время почти столетнего наблюдения выявляется 4 периода с разным проявлением зависимости параметров, как прямой, так и обратной.

3. Выделяется два типа влияния уровня воды на сейсмическую активность: первый тип – годовые изменения уровня проявляются в локальном изменении сейсмической активности (наиболее выражено проявлялся с 1901 по 1932 и с 1957 по 1962 гг.); второй тип – многолетнее равномерное изменение (повышение или понижение) уровня воды, проявляющееся в повышении энергии сейсмических событий (наиболее выражено проявлялся с 1933 по 1956 и с 1963 по 1986 гг.)

4. Причиной взаимосвязи параметров предположительно является нарушение изостатического равновесия тектонических блоков БРЗ вследствие изменения давления на них массы воды в озере. Так, например, при подъеме уровня воды в период с 2016 по 2020 год масса воды на площади 1 квадратный км увеличилась на 1.38 млн. тонн.

Полученные результаты вовсе не свидетельствуют о том, что основной причиной происхождения сейсмических событий в Прибайкалье является изменение уровня воды в Байкале. Основной причиной землетрясений являются тектонические процессы, протекающие в Байкальской рифтовой зоне. Изменение уровня воды является дополнительным фактором – своеобразным «спусковым крючком», инициирующим сейсмические события.

Таким образом, выдвинутая гипотеза получила свое подтверждение в ходе проведенного анализа характера физических явлений. С помощью статистических расчетов показано, что изменения уровня воды, как локальные, так и продолжительные, вызывают активизацию сейсмических процессов в недрах земной коры в Прибайкалье.

Данное исследование не является завершенным, так как необходимо проанализировать данные с 1988 по 2020 гг., когда они появятся в открытом доступе. Кроме того, необходимо сопоставить уровень воды в Байкале с характером проявления сильных и слабых событий отдельно.

Список источников информации

1. Байкал. Атлас. - М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1993, - 160 с. Стр. 72.
2. Байкал. Геология. Человек. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011, - 239 с. Стр. 71-78.
3. Байкаловедение: в 2 кн. - Новосибирск: Наука, 2012, - Кн.1. - 468 с. Стр. 137-138.
4. Байкальский филиал геофизической службы. [Электронный ресурс]. - URL: <http://seis-bykl.ru/> (дата обращения 21.11.2020).

5. Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных. – М.: Мир, 1977. – 572. Стр. 90-95.
6. Уровень воды в Байкале (пос. Байкал) сегодня. [Электронный ресурс]. - URL: <http://allrivers.info/> (дата обращения 22.11.2020).

ПРИЛОЖЕНИЯ

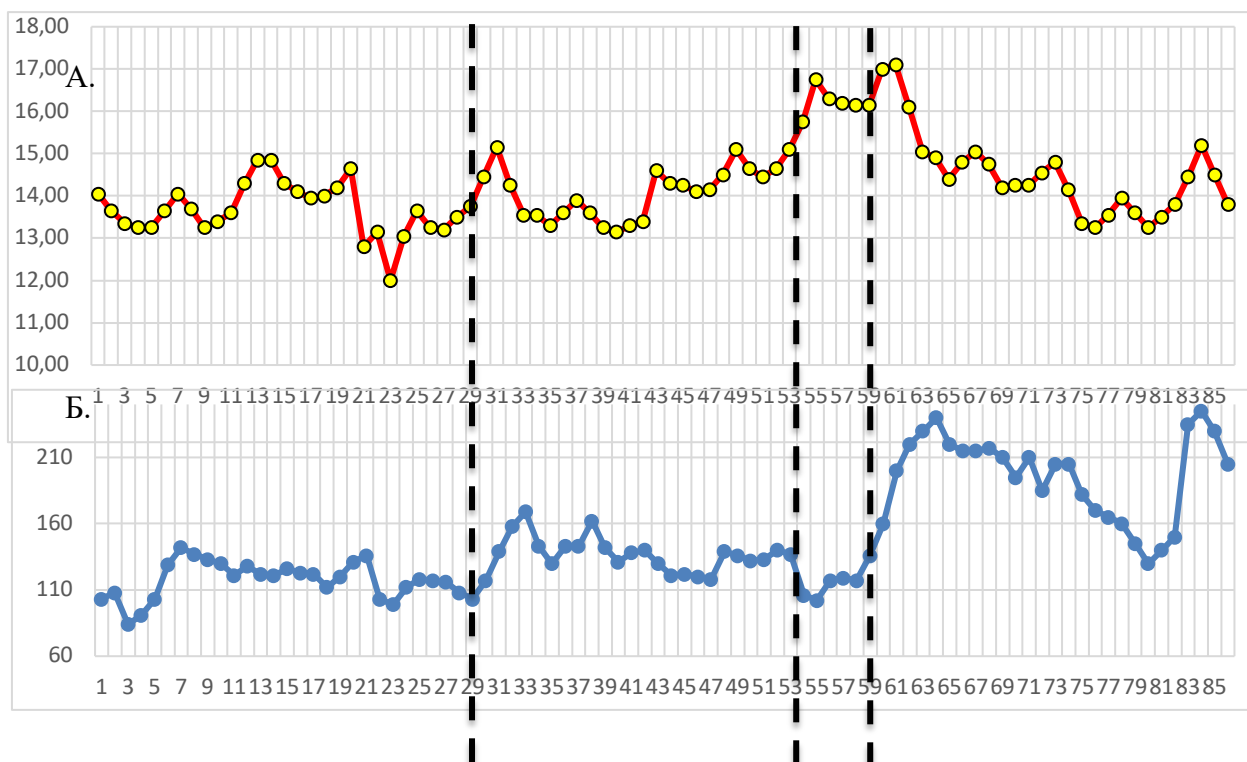


Рис. 1. Изменение сейсмичности в Прибайкалье и уровня воды в Байкале в период 1901 по 1986 гг. (А. - график логарифма суммарной энергии, сейсмических событий за год; Б. - график среднегодового уровня воды в озере, относительно нулевой отметки гидропоста в п. Байкал.)

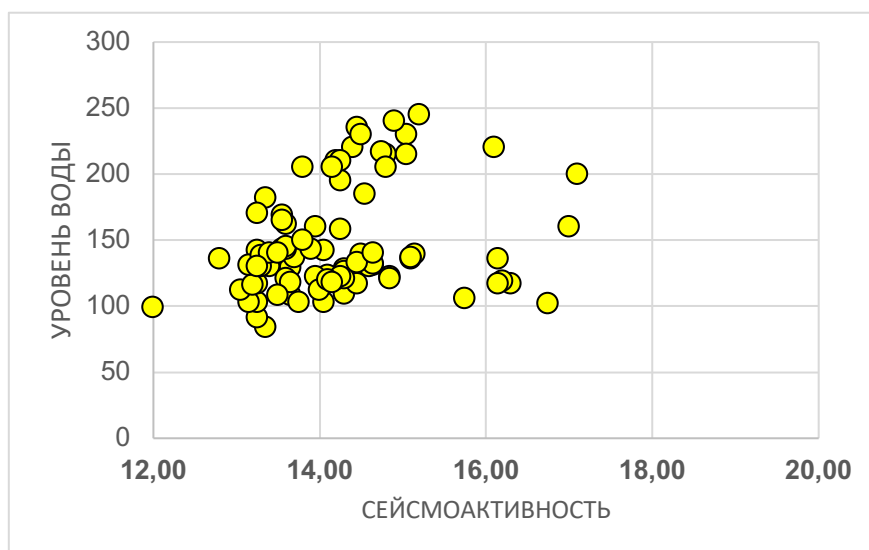


Рис. 2. Зависимость сейсмоактивности от уровня воды в Байкале.