

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертацию  
Богинской Натальи Владимировны**

**«Закономерности вариаций потока сейсмических событий на о. Сахалин  
перед сильными землетрясениями как основа методов среднесрочной оценки  
сейсмической опасности LURR и СРП»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические  
методы поисков полезных ископаемых**

### **1. Актуальность темы исследований**

Одним из важнейших направлений в науках о Земле до настоящего времени остается сейсмический прогноз.

Землетрясения продолжают уносить жизни людей и причинять колоссальный экономический ущерб, несмотря на определенные успехи в сейсмическом районировании и антисейсмические мероприятия, которые проводят все развитые страны. Своевременное предупреждение о сильном сейсмическом событии позволило бы смягчить ущерб и спасти жизни людей. Таким образом, сейсмический прогноз остается одним из важнейших направлений в науках о Земле.

После первоначального энтузиазма 60-х и 70-х годов, наступила эпоха пессимизма в отношении сейсмического прогноза, и во многих странах работы в этом направлении были фактически остановлены. В настоящее время наметилось некоторое оживление, и снова в мировой научной прессе стали систематически появляться работы посвященные прогнозированию.

Ожидания прогресса в этой области связаны с массивным применением спутниковых технологий, а также с созданием комплексных методов, основывающихся на нескольких предвестниках, которые, зачастую, проявляются в разных геофизических полях. Работа Н. В. Богинской посвящена разработке комбинированного метода, основанного на широко известном методе LURR, и методе СРП, который также применялся рядом исследователей.

Все вышесказанное определяет актуальность диссертационной работы.

## **2. Научная новизна исследований и основных результатов**

Новизна работы заключается в том, что был разработан синтетический метод прогноза землетрясений, основанный на двух известных методах. Приведено теоретическое обоснование возможности подобного синтеза, а кроме того ретроспективно показано, что данный метод позволяет увеличить точность определения времени сейсмического события.

## **3. Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов**

Достоверность результатов, полученных автором, обусловлена надежной информационной основой – детальными каталогами землетрясений Сахалина. Кроме того, в работе производится теоретическое обоснование применяемых методов и возможности их комбинации. Полученные результаты хорошо описаны, представлен обширный иллюстративный материал, позволяющий подвергнуть экспертизе выводы авторов.

Можно заключить, что выводы, сделанные в работе, и защищаемые положения обоснованы в достаточной степени.

## **4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта**

Как уже отмечалось выше, работа соответствует одному из магистральных направлений исследований в области прогнозирования землетрясений и демонстрирует возможность комбинирования двух методов. Полученный синтетический метод показал обнадеживающие пока результаты по данным ретроспективного исследования, но есть надежда, что его применение в реальном времени покажет также неплохой результат. Таким образом, можно ожидать более точных прогнозов землетрясений Сахалина.

По результатам аккуратной апробации метода в реальном времени можно будет рекомендовать его к переносу на другие сейсмоактивные регионы России. Это повысит безопасность населения.

Подходы, использованные в данной работе, вполне могут быть применены в других исследованиях, что позволит достичь определенного прогресса в данном направлении.

## **5. Достоинства и недостатки по содержанию и оформлению диссертации**

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения и списка литературы из 192 источников.

В **первой главе** приводится краткий обзор состояния исследований в области прогноза землетрясений. По содержанию можно заключить, что автор неплохо ориентируется в литературе по данному вопросу.

**Вторая глава** посвящена теоретическим и методическим основам методики LURR, методики СРП и синтетической методики, разрабатываемой в работе, а также описанию программных средств, использованных при расчетах. К достоинствам работы стоит отнести подробное изложение применяемых методик и детали настройки методов в условиях Сахалина, а также попытку физического осмысления возможности последовательного применения этих двух методов и создания на их основе синтетического метода. Впрочем, эта попытка оказалась довольно слабой и лишь наметила дальнейшие пути теоретической работы в этой области.

В **третьей главе** описывается практика применения методов LURR и СРП отдельно. Аномалии параметра LURR появлялись в 6 из 7 случаев сильных землетрясений Сахалина с 1988 г ( $M_w \geq 5.5$ ) и ещё в одном случае более слабого события – Крильонского ( $M_w = 5.0$ ). Подробно описывается вид аномалий и поведение параметра, обсуждаются методические аспекты исследования сейсмического режима методом LURR. Применение метода СРП рассматривается довольно детально на примере Невельского землетрясения. Диссертант в существенной мере опирается на известные работы И.Н. Тихонова. К сожалению, в тексте слабо прорисованы моменты методики, которые отличают авторскую методику от методов Тихонова. Довольно подробно обсуждаются методические

аспекты, связанные с очисткой каталога от афтершоков и выбором магнитудного диапазона для анализа.

**Четвертая глава** посвящена анализу последовательного применения методов LURR и СРП, то есть синтетическому методу. Показано, что в некоторых случаях возможно сокращение времени тревоги. К сожалению, отсутствует детальное исследование приращения эффективности синтетического метода по сравнению с применением методов LURR и СРП отдельно, что могло бы более выпукло показать преимущества синтетического подхода.

### **Замечания**

К сожалению, диссертация не свободна от некоторых недостатков.

1. Невнятно и путано описана процедура определения параметров СРП при анализе сейсмического режима (пункт 2.3). При этом эта процедура заявлена как «более устойчивая». При прочтении возникает целая серия вопросов, на которые невозможно извлечь ответ из текста диссертации. Как определялась устойчивость? С какими другими методами было проведено сравнение? Почему был использован коэффициент упорядоченности? Фактически, автор оперирует собственным терминологическим пространством и процедуру обработки по представленному описанию невозможно восстановить.
2. Автор подробно останавливается на описании сути методов LURR и СРП. Оба эти метода могут использовать в качестве основы разные параметры, от деформаций Бенъоффа до энергии землетрясений. К сожалению, нет явного указания на то, на какой мере было решено остановиться. Для СРП по косвенным признакам (графики) понятно, что выбрано количество землетрясений. А для LURR? Здесь только по намекам можно понять, что также используется количество землетрясений. Однако остается открытым вопрос, почему выбрана именно эта мера, и насколько результат отличается от выбора, например, энергии землетрясения.

3. В начале третьей главы упоминается, что в диссертации использовалось целых четыре каталога землетрясений Сахалина («второй» каталог формировался из двух). Вообще говоря, из текста не понятно, формировался ли в работе сводный каталог, или как-то использовались комбинация разных каталогов? В любом случае будет остро стоять вопрос об однородности данных, вопрос магнитуд, вопрос представительности.
4. На взгляд оппонента, необоснованно включение слабого Крильонского землетрясения в набор событий для ретроспективного анализа. Автор на ходу меняет правила игры – вся настройка алгоритма LURR производилась для событий сильнее чем  $M_w = 5.5$ . Очевидно, что соответствующую аномалию следовало бы обработать как ложную тревогу, в том числе при дальнейших расчетах эффективности.
5. В главе 3 подробно обсуждается каждая аномалия параметра LURR, выделенная автором. Однако нет явного указания на правила выделения аномалии. Опять же по графическим материалам мы можем догадаться, что аномалией считается значение выше 2. Но при обсуждении Уангского землетрясения речь идет о «превышении средних значений более чем в два раза», то есть все же идет сравнение с фоном. Четкое описание правил выделения аномалий LURR сняло бы эти вопросы.
6. Не объясняется, почему для исследований СРП в сейсмическом режиме производится выборка из каталога с ограничением магнитуды не более  $M = 3$ ? Автор показывает, что в этом случае снижается количество СРП в сейсмическом режиме, что позволяет уменьшить количество ложных тревог. Вообще говоря, возникают вопросы относительно правомочности такого подхода. Непонятно, какая физика за этим стоит, ведь в теории заявлена эквивалентность использования различных метрик. Но если мы отсекаем в каталоге события сильнее  $M = 3.0$ , то таким образом уничтожается основной энергетический вклад в сейсмический процесс. Таким образом, заявленная физичность предвестников, которая

обосновывалась во второй главе, повисает в воздухе, поскольку, когда удобно автор начинает произвольно подбирать параметры выборок.

7. Было бы желательно прояснить вопрос с магнитудным диапазоном для расчета параметра LURR. Автор использует землетрясения с магнитудами от 3.3 до 5.0 при прогнозе землетрясений с магнитудами  $M_w \geq 5.5$ . Почему исключены землетрясения с магнитудами 5.1–5.4? Они однозначно относятся к более низким иерархическим уровням сейсмичности, нежели события с  $M_w = 5.5$ . Какое соображение было принято здесь во внимание? Тем более при базе  $M_w = 3.3–5.0$  было рассмотрено слабое Крильонское землетрясение, и здесь соображения иерархичности событий автору не мешали.
8. При анализе сейсмического режима до и после Невельского землетрясения по методу СРП автор активно ссылается на И. Н. Тихонова и сравнивает собственные результаты с результатами Ивана Николаевича. Однако автор ясно не указывает, в чем различия в подходах, используемых Тихоновым и в ее диссертации.
9. В конце четвертой главы приведен расчет эффективности методики по методу Гусева. Можно со всей уверенностью утверждать, что расчет произведен ошибочно. Если уж в расчет вовлечено Крильонское землетрясение, с магнитудой 5, то общее количество таких землетрясений (1995–2017,  $H < 70$  км,  $M_w \geq 5.0$ ) по данным NEIC составляет порядка 20 (если исключить афтершоки). Это существенно скажется на итоговой эффективности. Если оставаться в диапазоне магнитуд  $M_w \geq 5.5$ , то следует случай Крильонского землетрясения обрабатывать как ложную тревогу, что тоже уменьшит расчетную эффективность. При этом, следовало бы рассчитать статистическую значимость полученного результата. Кроме того, любопытно было бы увидеть, насколько повышается расчетная эффективность синтетического метода по сравнению с отдельным методом LURR, это бы прибавило весомости выводам.

10. Следует также отметить недостатки общего стиля работы. Создается впечатление, что автор излишне погружается в некоторые аспекты, при этом оставляя без должной проработки важнейшие практические детали методики. Получается, что методика изложена рыхло, непонятно, за ней приходится охотиться по всему тексту диссертации, что очень ухудшает читаемость. Допущено почти дословное повторение выкладок (пункты 2.2.1 и 2.4), что говорит о плохой редакторской работе. Также привлекает внимание странный стиль работы с литературными источниками, например давая определение сейсмического затишья автор приводит ссылку на доклад Романенко на молодежной конференции в 2017 г. (стр. 22).

#### **6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения научных степеней**

Направление диссертационной работы и публикаций соответствует паспорту специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых: пункту 3 (в части «Сейсмология»); пункту 4 («Исследование природы, свойств и геодинамической интерпретация деформационных характеристик и естественных геофизических полей, источники которых располагаются в недрах Земли. Взаимодействие деформационных и геофизических полей»); пункту 6 («Математическое моделирование геодинамических процессов любых пространственных и временных масштабов. Изучение земной коры в рамках упругих, упругопластических, упруго-хрупких, вязко-упругих и т.п. моделей»).

Учитывая вышеизложенное, считаю, что рецензируемая работа «Закономерности вариаций потока сейсмических событий на о. Сахалин перед сильными землетрясениями как основа методов среднесрочной оценки сейсмической опасности LURR и СРП» удовлетворяет всем требованиям ВАК при Минобрнауки РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 –

геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых, а автор работы – Богинская Наталья Владимировна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Совета и их дальнейшую обработку.

**Кандидат физико-математических наук,  
Директор  
Камчатского филиала Федерального  
государственного бюджетного учреждения  
науки Федерального исследовательского  
центра «Единая геофизическая служба  
Российской академии наук»**



**Д.В. Чебров**

**6 ноября 2020 г.**

Чебров Данила Викторович  
683006, г. Петропавловск-Камчатский, б-р. Пийпа Б.И., 9,  
тел.: +7 (4152) 43-18-03,  
e-mail: [danila@emsd.ru](mailto:danila@emsd.ru)

Подпись заверяю:



Подпись Д. В. Чеброва

Назначение ОК КО ФУЦ ЕГС РАН  
Т. Д. Матвеева