

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Быкова Виктора Геннадьевича о диссертационной работе Степнова Андрея Александровича “Комплексная автоматизированная система мониторинга для анализа современной сейсмичности Северного Сахалина”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 - геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа А.А. Степнова посвящена совершенствованию методики регистрации и обработки сейсмологических данных и выявлению на этой основе тенденций пространственно-временного распределения очагов землетрясений и разломов на севере о. Сахалин в условиях интенсивной разработки нефтегазовых месторождений.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Районы интенсивной промышленной разработки шельфовых нефтегазовых месторождений на севере о. Сахалин расположены в зоне активных тектонических разломов, где могут возникать области избыточных напряжений, вызывающих техногенные землетрясения. Существующие модели техногенной (индуцированной или триггерной) сейсмичности дают, в основном, качественные объяснения и в отдельных случаях количественные оценки критических параметров ее возникновения. К тому же, анализ известных случаев техногенной сейсмичности в различных регионах Земли, вызванной эксплуатацией месторождений нефти и газа в конкретных районах, указывает на их уникальность и невозможность их обобщения на другие районы. Кроме того, отсутствуют длительные наблюдения за сейсмическим режимом, включающие все этапы разработки месторождений и добычи углеводородов, в том числе регистрацию сейсмического фона до начала эксплуатации. Хотя такие наблюдения непосредственно связаны с возможностью предотвращения экологических катастроф, что особенно важно для территории Северного Сахалина.

Актуальность диссертации поэтому и определяется необходимостью дальнейшей разработки методики выявления критериев и признаков техногенной сейсмичности в ходе эксплуатации месторождений нефти и газа и получения количественных оценок критических параметров ее возникновения в ходе непрерывной регистрации и анализа сейсмологических данных.

Основная цель исследований – разработка комплексной автоматизированной системы мониторинга сейсмической активности на основе применения цифровой регистрирующей аппаратуры и компьютерных технологий и адаптации передовых методов обработки сейсмологических данных к системе инструментальных наблюдений на территории Сахалинской области с учетом активности тектонических структур региона и промышленной разработки месторождений углеводородов.

Именно на решение этих и других фундаментальных проблем и были направлены усилия автора.

Применение целого комплекса данных сейсмологии, геофизики, спутниковой геодезии и тектоники позволило соискателю исследовать сейсмический режим в районе эксплуатации месторождений нефти и газа, максимально надежно и точно рассчитать параметры гипоцентров землетрясений и провести экспертную оценку эффективности предложенной архитектуры автоматизированной системы мониторинга естественной и наведенной сейсмичности путем сопоставления результатов расчетов с известными данными о сейсмичности и размещении месторождений углеводородов в регионе.

НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Научная новизна диссертационной работы заключается в расчете набора параметров локальной сейсмической сети, необходимого для автоматического определения координат гипоцентра и магнитуды землетрясений с учётом локальных географических и геологических особенностей о. Сахалин, и в реализации дополнительных программ для анализа пространственно-временного распределения землетрясений.

Разработанная соискателем архитектура автоматизированной системы мониторинга естественной и наведенной сейсмичности, объединяющая системы реального времени и постобработки, дает возможность проводить экспертную оценку сейсмической опасности в местах эксплуатации месторождений углеводородов в северной части о. Сахалин.

Для дальнейшей разработки методики выявления критериев и признаков наведенной сейсмичности в ходе эксплуатации месторождений нефти и газа организованы непрерывные детальные сейсмологические наблюдения на севере о. Сахалин до начала активной фазы промышленной эксплуатации месторождений и получены кондиционные данные, характеризующие сейсмическую активность.

В северной части о. Сахалин выявлена тенденция возникновения сильнейших повторных землетрясений, которые происходят спустя несколько месяцев, а затем через несколько лет после главного толчка.

Установлено, что области повышенной сейсмичности Северного Сахалина “привязаны” к сейсмогенным зонам сильных землетрясений. Выявлено пространственное группирование землетрясений вдоль главных разрывных дислокаций.

В диссертации поставлены и решены конкретные задачи, получен ряд существенных результатов, основными среди которых могут быть выделены следующие.

В I главе дан краткий аналитический обзор и анализ известных случаев техногенной сейсмичности, связанной с промышленным освоением месторождений нефти и газа. Приведены основные данные о существующих в мировой практике программных продуктах и открытых системах для анализа сейсмической информации, методах локализации очага, которые в дальнейшем используются автором при построении концепции развития

автоматизированной системы детальных сейсмологических наблюдений.

Представлена информация, необходимая для обоснования выбранного автором подхода при дальнейшей разработке методики выявления критериев и признаков наведенной сейсмичности в ходе эксплуатации месторождений нефти и газа.

II глава содержит описание особенностей разработки автоматизированной системы сбора, передачи, хранения и обработки сейсмологических данных на Северном Сахалине. Изложена концепция развития автоматизированной системы детальных сейсмологических наблюдений и определены технические требования к системе. Представлена уникальная архитектура автоматизированной системы мониторинга естественной и наведенной сейсмичности, объединяющая системы реального времени и постобработки, а также ее практическая реализация в условиях Северного Сахалина. Архитектура системы учитывает локальные географические и геологические особенности региона, обеспечивает объединение сейсмических станций в единую локальную сеть, прозрачное масштабирование при добавлении аппаратных и программных компонент. Созданная система отличается передовым функциональным уровнем и высокой надёжностью.

В **III главе**, исходя из данных сейсмических исследований земной коры Северного Сахалина, определены оптимальные параметры скоростной модели и возможности локальной сети сейсмических станций, приведена схема реализации полной автоматизации процедур сбора, передачи, хранения и обработки данных действующей сети наблюдений на севере Сахалина.

Решена задача повышения точности определения координат гипоцентров землетрясений, понижения порога чувствительности сейсмической сети, автоматизации и ускорения обработки получаемых записей землетрясений для случая небольшого числа сейсмостанций. Показано, что в автоматическом режиме система уверенно регистрирует и определяет параметры очага землетрясения по четырем и более станциям для $ML \geq 3$ и с наименьшим уровнем ошибок идентифицирует событие на цифровом канале для $ML \geq 1$.

Наиболее значительные результаты представлены в **IV главе**. Здесь проведена апробация эффективности предложенного соискателем варианта системы наблюдений и обработки сейсмологических данных, а также сравнение полученных параметров землетрясений с каталогами ведущих международных и российских сейсмологических центров.

Представлены результаты исследования современной сейсмичности Северного Сахалина и его восточного шельфа на основе анализа каталога местных землетрясений ($ML \geq 2$), зарегистрированных системой наблюдений в период с 2006 по 2014 гг.

На основе построенной модели пространственного распределения современной коровой сейсмичности на севере о. Сахалин идентифицирован новый активный разлом в непосредственной близости от разрабатываемых шельфовых месторождений нефти и газа. Обсуждается сейсмотектоническая интерпретация Пильтунского землетрясения 2005 года.

Выявлены особенности постсейсмического процесса в очаговых зонах сильных землетрясений Северного Сахалина, заключающиеся в генерировании землетрясений спустя несколько месяцев, а затем через несколько лет после главного события. Магнитуда повторных событий сопоставима или превышает магнитуду сильнейшего афтершока первых суток.

ЗНАЧИМОСТЬ ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа А.А. Степнова – заметный вклад в решение проблемы выявления критериев и признаков наведенной сейсмичности в ходе эксплуатации месторождений углеводородов на севере о. Сахалин.

Выводы диссертации будут способствовать дальнейшей разработке фундаментальных проблем – построению физически содержательных моделей техногенной сейсмичности вследствие интенсивной эксплуатации месторождений нефти и газа, а также выяснению причин сильнейшей тектонических землетрясений на севере о. Сахалин.

Практическая значимость научных результатов соискателя определяется возможностью их применения при решении фундаментальных задач прикладного значения, связанных с уточнением сейсмического потенциала шельфа о. Сахалин и предотвращением возможных экологических катастроф в ходе разработки месторождений углеводородов.

Разработанная система мониторинга успешно апробирована и функционирует в непрерывном режиме в ИМГиГ ДВО РАН. Результаты расчетов параметров землетрясений в оперативном режиме передаются в ГУ МЧС РФ по Сахалинской области.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

По тексту диссертации есть замечания, которые не снижают общего положительного впечатления и значимости работы А.А. Степнова.

1. В разделе 3.2 на графике повторяемости (Рис. 24, С. 82) не указаны параметры a и b , отражающие характеристики сейсмического режима северной части Сахалина. Отсутствует сравнение этих параметров с данными более ранних исследований.
2. В работе не в полной мере показана новизна и преимущества разработанной системы наблюдений.
3. В диссертации отсутствуют предположения о физических механизмах сильных повторных землетрясений на севере о. Сахалин спустя несколько месяцев и лет после главного толчка.
4. Не всегда четко сформулировано, какие новые результаты получены именно автором.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация А.А. Степнова является законченной научно-квалификационной работой с практической значимостью. Содержание диссертации изложено ясно, в логически последовательной форме.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК Российской Федерации.

В диссертации содержится решение ряда актуальных научных задач, имеющих существенное значение для выявления основных тенденций пространственно-временного распределения очагов землетрясений и разломов на севере о. Сахалин в условиях интенсивной разработки нефтегазовых месторождений. Защищаемые положения являются новыми, полностью обоснованы результатами работы и получены автором самостоятельно или при его непосредственном участии. Достоверность полученных результатов обеспечена корректностью постановки задачи, расчетами автора, подтверждается сопоставлением с данными сейсмологических и геофизических наблюдений, с результатами других исследователей.

Полученные в диссертации А.А. Степнова результаты представлены в 9 публикациях, включая 3 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах из Перечня ВАК Российской Федерации.

Автореферат диссертации и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации и характеризуют соискателя как высококвалифицированного специалиста.

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) для учёной степени кандидата наук. Степнов Андрей Александрович заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Заместитель директора по научной работе
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института тектоники и
геофизики им. Ю.А. Косыгина
Дальневосточного отделения РАН

доктор физико-математических наук 
680000, Хабаровск, ул. Ким Ю. Чена, 65.
Тел: +7 (4212) 22-71-89
E-mail: bykov@itig.as.khb.ru

Виктор Геннадьевич Быков

Подпись д.ф.-м.н. В. Г. Быкова заверяю:
Ученый секретарь ФГБУН Института тектоники
и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН



С. Н. Алексеенко