

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Института
океанологии им. П.П. Ширшова
Российской академии наук, член-
корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук

Лобковский Леонольд Исаевич.

«16» июня 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук

Диссертация «Оценка сейсмических воздействий на шельфе»
выполнена в лаборатории геодинамики, георесурсов и геоэкологии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Крылов Артём
Александрович работал в Федеральном государственном бюджетном
учреждении науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской
академии наук в лаборатории геодинамики, георесурсов и геоэкологии в
должности ведущего инженера и обучался в очной аспирантуре
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института
океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (сроки обучения
в аспирантуре – с августа 2013 года по август 2016).

В 2013 г. окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» по направлению подготовки «Прикладные математика и физика».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 году Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтым динамики геосфер Российской академии наук.

Научный руководитель – член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, Лобковский Леопольд Исаевич, заведующий лабораторией геодинамики, георесурсов и геоэкологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее **заключение**:

Оценка работы. Диссертация Крылова А.А. посвящена количественной оценке сейсмических воздействий для площадок строительства на шельфе. Описана структура работ по оценке сейсмических воздействий и выделены особенности инженерных сейсмологических изысканий на шельфе. Проанализирована специфика зашумленности донных записей и разработан метод автоматического детектирования сейсмических событий на записях сетей морских сейсмографов. Проведен сравнительный анализ метода сейсмических жесткостей и нелинейного анализа сейсмического отклика грунта на материале северо-восточного шельфа Черного моря. Проведены уточнение исходной сейсмичности и сейсмическое микрорайонирование расчетными методами для добывающей платформы им. Ю. Корчагина на Северном Каспии. Исследована проблема расчета искусственных акселерограмм для площадок на шельфе. Предложен

алгоритм предварительной обработки функции Грина, позволяющий использовать морские микроземлетрясения для расчета искусственных акселерограмм на шельфе. Предложен способ применения нелинейного анализа для численного моделирования сейсмического отклика водонасыщенного грунта на шельфе. Посредством численного моделирования исследованы особенности сейсмической реакции грунтов на шельфе и суше.

Диссертация Крылова А.А. «Оценка сейсмической опасности на шельфе» по объему выполненных исследований, новизне результатов, научному и практическому значению отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Личный вклад соискателя. При подготовке диссертации автор принимал активное участие в морских экспедициях, в рамках которых проводились инженерные сейсмологические и геофизические работы для строительства и мониторинга объектов нефтегазового комплекса на шельфах Черного и Каспийского морей. Материалы этих изысканий использовались в работе при апробировании методов и численном моделировании.

Алгоритмы автоматического выявления сейсмических событий на донных записях, предварительной обработки функции Грина при расчете искусственных акселерограмм, моделирования отклика водонасыщенного морского грунта на сейсмические воздействия были разработаны лично автором.

Все расчеты в рамках апробирования разработанных методов и численного моделирования также были проведены лично автором. Полученные автором результаты использовались при выполнении работ по сейсмическому микрорайонированию и геодинамическому мониторингу по заказам компаний «Питер-Газ» и «Лукойл».

Актуальность работы обуславливается активизацией строительства объектов инфраструктуры добычи углеводородов на шельфе, а также

недостатком опубликованных исследований, посвященных методологическим особенностям морских инженерных сейсмологических изысканий.

Нефтегазодобывающие платформы на шельфе и подводные трубопроводы могут располагаться в сейсмоопасных районах, однако нормативные документы, регулирующие оценку возможных сейсмических воздействий, носят весьма общий характер, какие-либо специальные методики для работы на шельфе не вводятся. При оценке сейсмических воздействий на шельфе возникают определенные особенности и трудности, которые отличаются от тех, что характерны для суши. Эти особенности связаны с недостатком сейсмологической информации, с дороговизной и техническими трудностями проведения экспедиционных наблюдений на шельфе. Вышеперечисленные особенности работы на шельфе приводят к необходимости разработки как дополнительных расчетных методов, так и алгоритмов обработки экспериментальных данных, позволяющих учитывать эти особенности.

Достоверность полученных результатов определяется апробированием разработанных методов на записях сети донных сейсмографов, которая функционировала на северо-восточном шельфе Черного моря в 2011 году, данных инженерно-геологических изысканий на шельфе Черного и Каспийского морей, а также на общедоступных записях европейских сетей сейсмографов.

Результаты численного моделирования также подтверждены записями донных сейсмографов, кроме того интерпретированы с помощью известных физических явлений, таких как резонансы в грунтовых слоях и насыщение амплитуд колебаний, многократно подтвержденных в публикациях других авторов.

Научная и практическая значимость работы определяется достигнутым прогрессом в развитии расчетных методов и алгоритмов обработки инструментальных исследований в малоизученной области

морских сейсмологических изысканий. Все разработанные в рамках диссертационной работы методы и результаты численного моделирования могут найти применение на практике.

При уточнении исходной сейсмичности района строительства на шельфе предложенный метод автоматического обнаружения землетрясений позволяет проводить экспресс-обработку экспериментальных данных. Этот метод может найти применение для обработки не только данных временных сетей автономных донных станций, но и данных постоянно функционирующих систем геодинамического мониторинга на шельфовых добывающих платформах.

Предложенный способ синтеза акселерограмм проектных землетрясений позволяет применять в расчетах записи морских микроземлетрясений, что может быть полезным при недостатке данных о среде распространения сейсмических волн в малоизученных шельфовых районах. Алгоритм численного моделирования нелинейного отклика пористой водонасыщенной среды на сейсмические воздействия применим для решения задач сейсмического микрорайонирования на шельфе в условиях недостатка инженерно-геологических и сейсмологических данных. Понимание особенностей реакции грунтов разных типов на сейсмические воздействия различной интенсивности на шельфе и на суше важно при инженерных изысканиях на шельфе с помощью метода аналогий в случае трудностей в проведении исследований подводных участков.

Специальность, которой соответствует диссертация. Направление диссертационной работы и публикации соответствуют паспорту специальности 25.00.10 — Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых: пунктам 3 «Сейсмология (за исключением аппаратных разработок и тех ситуаций, когда данные о современной или палеосейсмической активности используются в рамках традиционного геотектонического анализа). Изучение устойчивости техногенных сооружений в связи с сейсмическим риском», 9 «Теория распространения

сейсмических и электромагнитных волн в Земле. Теория потенциальных полей. Теория ядерно-геофизических методов (дистанционных и на образцах) изучения элементного состава недр. Физические проблемы палеомагнетизма. Физика природных и природно-техногенных геокатастроф», 12 «Разработка алгоритмов решения прямых и обратных задач геофизики, методов аппроксимации геофизических полей, цифровой фильтрации с целью повышения разрешающей способности методов и подавления помех, построения изображений, соответствующих компьютерных технологий и их применение в геолого-геофизической практике при условии достаточной новизны в чисто математической части работы».

Публикации соискателя по теме диссертации. Материалы диссертации полностью изложены в работах, опубликованных соискателем. По теме диссертации опубликовано 19 работ, включая 6 статей в ведущих российских рецензируемых изданиях из списка, рекомендованного ВАК (работы [1–6]), 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ [7] и 12 тезисов докладов на международных и российских научных конференциях [8–19].

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

- 1) Лобковский Л.И., Кузин И.П., Ковачев С.А., Крылов А.А. Особенности сейсмичности района Центральных Курил до катастрофических землетрясений $M = 8.3$ (15.11.2006), $M = 8.1$ (13.01.2007) и после них // Доклады академии наук, 2015, том 464, № 6, С. 735-739.
- 2) Крылов А.А. Некоторые аспекты донных сейсмологических исследований и мониторинга на объектах нефтегазовой добычи и транспортировки на шельфе // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2015, № 9, С. 20-25.
- 3) Крылов А.А., Иващенко А.И., Ковачев С.А. Оценка сейсмической опасности нефтегазоносных шельфовых зон на примере Северного Каспия // Океанология, 2015, том 55, № 6, С. 1006-1012.

- 4) Крылов А.А. Моделирование реакции пористых водонасыщенных верхних осадков морского шельфа на сейсмические воздействия // Естественные и технические науки, 2015, № 10, С. 221-223.
- 5) Крылов А.А., Иващенко А.И., Ковачев С.А. Оценка влияния местных грунтовых условий на интенсивность сейсмических воздействий на шельфе - метод сейсмических жесткостей и нелинейный анализ сейсмического отклика // Инженерные изыскания, 2016, № 3, С. 46-52.
- 6) Ковачев С.А., Крылов А.А., Иванов В.Н., Тимашкевич Г.К., Ковачева Т.А., Хортов А.В. Сейсмичность в районе Кравцовского морского нефтегазового месторождения в Балтийском море // Естественные и технические науки, 2016, № 4, С. 34-40.
- 7) Крылов А.А. SeismViewer v.1.1 Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015661170 от 20 октября 2015 // Заявка № 2015618081 от 3 сентября 2015, Роспатент.
- 8) Krylov A.A., Kovachev S.A., Ivashchenko A.I.: «Comparison of two methods for estimation of influence of local site conditions on the seismic intensity: intensity increase, and Nonlinear response analyses (NERA)», Book of abstracts, European Seismological Commission 33rd General Assembly, 19-24 August 2012, Obninsk –M., РН “Poligrafikwik”, 2012, pp 376-377.
- 9) Ковачев С.А., Лобковский Л.И., Горбунов О.Н., Крылов А.А.: «Опыт эксплуатации системы геодинамического мониторинга на нефтегазовом месторождении им. Ю. Корчагина (Северный Каспий)», Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы 13-ой Международной научно-технической конференции «МСОИ-2013» - М.: АГР, 2013, Том 2, С. 223-226.
- 10) Крылов А.А., Ковачев С.А., Иващенко А.И.: «Оценка сейсмической опасности для нефтегазоносных акваторий на примере Северного Каспия», Тезисы докладов Международного симпозиума «Инновационные технологии в исследовании окружающей среды», Ларнака, Кипр, 13-17 мая 2013, С. 45-46.

- 11) Крылов А.А., Иващенко А.И., Ковачев С.А. Сейсмологические исследования и мониторинг на территориях шельфовых месторождений // Международная конференция «Инжиниринг & Телекоммуникации - En&T 2014», Тезисы докладов, С. 245-247.
- 12) Крылов А.А., Ковачев С.А., Суетнова Е.И. Газонасыщенность верхнего слоя морских осадков и использование метода сейсмического просвечивания в районе нефтяной платформы им Ю. Корчагина // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Под ред. Академика К.Н. Трубецкого – М.: ИПКОН РАН, 2014, С. 358-361.
- 13) Крылов А.А., Иващенко А.И., Ковачев С.А. Автоматическое обнаружение землетрясений и выделение фаз в записях системы геодинамического мониторинга на шельфовых нефтедобывающих платформах // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всероссийская научная конференция с международным участием, Южно-Сахалинск, 26-30 мая 2015 г.: сборник материалов. Владивосток: Дальнаука, 2015, Том 2, С. 423-429.
- 14) Ковачев С.А., Лобковский Л.И., Крылов А.А., Иващенко А.И. Система геодинамического мониторинга на нефтегазовом месторождении им. Ю. Корчагина (Северный Каспий) // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всероссийская научная конференция с международным участием, Южно-Сахалинск, 26-30 мая 2015 г.: сборник материалов. Владивосток: Дальнаука, 2015, Том 2, С. 419-423.
- 15) Крылов А. А., Иващенко А. И., Ковачев С. А., Лобковский Л. И. Выделение функции сейсмического источника с помощью эмпирической функции Грина // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015». Том I. – М., 2015, С. 224-227.
- 16) Крылов А. А., Иващенко А. И., Ковачев С. А., Лобковский Л. И. Использование записей слабых землетрясений для моделирования сильных движений при оценке сейсмической опасности // Современные методы и

средства океанологических исследований: Материалы XIV Международной научно-технической конференции «МСОИ-2015», Том I, – М., 2015, С. 278-282.

17) Лобковский Л.И., Кузин И.П., Ковачев С.А., Крылов А.А. Особенности зоны Бенъофа Центрально-Курильской области // Материалы 21-й Международной научной конференции (Школы) по морской геологии, 16-20 ноября 2015, Том 5, С. 182-187.

18) Крылов А.А., Иващенко А.И., Суетнова Е.И. Моделирование реакции пористых флюидонасыщенных верхних осадков морского шельфа на сейсмическое воздействие // Материалы 21-й Международной научной конференции (Школы) по морской геологии, 16-20 ноября 2015, Том 5, С. 155-159.

19) Крылов А.А. Особенности сейсмического микрорайонирования акваторий нефтегазовой добычи и транспортировки // 2-я Международная конференция «Инжиниринг & Телекоммуникации - En&T», Тезисы докладов, 18-19 ноября 2015, С. 184-186.

Диссертация «Оценка сейсмических воздействий на шельфе» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 — Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Заключение принято на заседании Ученого совета Геологического направления Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (протокол №4 от 12 апреля 2016 года).

Ученый секретарь Ученого совета Геологического направления Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, кандидат геолого-минералогических наук

Богд

Богданова О.Ю.