УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИДГ РАН
доктор физ.-мат. наук
_____ С.Б. Турунтаев
25 мая 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института динамики геосфер имени академика М.А. Садовского
Российской академии наук

Диссертация «Реакция водонасыщенного коллектора на динамические воздействия» выполнена в лаборатории «Деформационных процессов в земной коре» ИДГ РАН в процессе работы Горбуновой Эллы Михайловны в период с 2009 по 2021 г.

Горбунова Элла Михайловна родилась 10.08.1960 г. в г. Махачкала. В 1982 г. окончила с отличием геолого-географический факультет Ростовского государственного университета им. М.А. Суслова по специальности «Гидрогеология и инженерная геология». В 1993 г. защитила кандидатскую диссертацию в диссертационном совете ИДГ РАН. С 1994 г. Горбунова Э.М. работает в ИДГ РАН, в том числе с 2017 г. по настоящее время в должности ведущего научного сотрудника.

Представление диссертационной работы проводилось на заседании семинара Института динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность темы исследования заключается в следующем:

Особенности геологического строения региона определяют условия распространения многослойных толщ коллекторов порового, трещинно-пластового и трещинно-жильного типов, которые различаются по степени водонасыщенности, гидростатическому напору, гидравлической взаимосвязи. Этим объясняется многообразие гидрогеологических эффектов при динамическом воздействии: от фонтанирования скважин, скачкообразных и постепенных изменений уровня подземных вод до вариаций давления в системе «пласт-скважина», вызванных прохождением сейсмических волн от землетрясений и взрывов. Изменения структуры порово-трещинного пространства водонасыщенного коллектора и порового давления под влиянием квазистационарных

факторов – атмосферного давления, земных приливов и периодических – откликов на землетрясения, взрывы, промышленные откачки-нагнетания, необходимо учитывать в процессе неравномерного инженерно-технического освоения подземного пространства, эксплуатации месторождений, трасс нефте- и газопроводов. Нарушение гидрогеодинамической обстановки приводит к негативным геоэкологическим последствиям и способствует активизации карстово-суффозионных и оползневых процессов, наведенной микросейсмичности, которые наиболее значимо выражены в пределах территорий, характеризующихся высокой степенью техногенной нагрузки и высокой плотностью населения. В силу этого исследование реакции водонасыщенного коллектора на динамические воздействия является актуальной задачей. Определение основных типов гидрогеологических откликов в широком диапазоне частот, соответствующих различным режимам деформирования водонасыщенного коллектора, может быть использовано для выявления потенциально неустойчивых зон и прогнозной оценки изменений несущих свойств грунтов – одной из задач детального сейсмического районирования.

Целью исследования является:

- определение основных закономерностей реакции водонасыщенного коллектора на динамические воздействия различной интенсивности;
- развитие метода дистанционного контроля фильтрационных свойств водонасыщенного коллектора.

Достоверность представленных результатов по исследованию реакции водонасыщенного коллектора на динамические воздействия подтверждена хорошей сходимостью экспериментальных данных, полученных при выполнении исследований на отдельных участках Семипалатинского полигона, территории ГФО «Михнево» и в пределах разрабатываемых месторождений КМА, с опубликованными данными по изучению гидрогеологических откликов на экзогенное, эндогенное и техногенное воздействие. Использованные методы и подходы к решению задач диссертационной работы соответствуют современному мировому уровню исследований, что подтверждается их апробацией в ведущих зарубежных журналах [Besedina et al., 2016; Gorbunova, 2021; Vinogradov et al., 2017] и материалах международных конференций [Gorbunova et al., 2017; 2018a,b; Gorbunova, Besedina, 2019; Kabychenko et al., 2019, 2020].

Научная новизна работы заключается в комплексном анализе реакции подземных вод на проведение крупномасштабных взрывов, массовых промышленных взрывов и сопоставлении полученных результатов с косейсмическими и постсейсмическими эффектами от землетрясений, зарегистрированными в платформенных условиях и сейсмоактивных регионах. Подобный методический подход может быть использован для исследования геомеханики процессов, происходящих в ближней зоне землетрясений, которая малоизучена из-за недостаточного количества инструментальных измерений.

Данная работа представляет собой первое обобщающее исследование, в котором:

- на основе реакции подземных вод на крупномасштабные взрывы детально проанализирована взаимосвязь между изменениями физико-механических и фильтрационных свойств массива горных пород и гидрогеодинамической обстановки;
- определена эффективность дистанционного контроля фильтрационных свойств водонасыщенного коллектора в платформенных условиях по результатам прецизионного мониторинга подземных вод;
- впервые выполнена совместная интерпретация гидрогеологических эффектов, зарегистрированных при взрывах и землетрясениях, и установлено подобие реакции водонасыщенных коллекторов на динамическое воздействие;
- впервые выполнен анализ реакции системы «пласт-скважина» в процессе разработки железорудных месторождений с использованием взрывных технологий.

Теоретическая значимость проведенных исследований заключается в развитии метода дистанционного контроля фильтрационных свойств водонасыщенного коллектора и разработке феноменологической модели, отражающей взаимосвязь между режимами деформирования водонасыщенного коллектора и зарегистрированными гидрогеологическими эффектами.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в анализе результатов высокоинтенсивного воздействия на водонасыщенный коллектор и проведении прецизионных наблюдений за вариациями уровня подземных вод и давления в системе «пласт-скважина», которые необходимы для контроля негативных последствий ведения техногенной деятельности. Гидрогеологические отклики водонасыщенного коллектора на квазистатическое и периодическое воздействие могут проявиться в виде триггеров активизации различных природно-техногенных процессов. Разработанные методы, подходы и модели могут оказаться полезными при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов повышенного уровня ответственности в сложных инженерно-геологических условиях.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Основные результаты, представленные в диссертации, получены автором во время работы на площадках «Балапан» и «Дегелен» Семипалатинского испытательного полигона в период 1982-1993 гг., организации и проведении высокоточного гидрогеологического мониторинга на территории геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево» с 2008 г. и в промышленном регионе, в зоне влияния разрабатываемых железорудных месторождений Курской магнитной аномалии с 2019 г. Лично Горбуновой Э.М. выполнен сбор и анализ опубликованных данных по теме исследования, обобщение и обработка большого объема экспериментально полученного материала в ходе проведения полевых работ. Горбунова Э.М. является одним из основных авторов большинства статей в рецензируемых научных журналах, в которых опубликованы материалы диссертационной работы.

Апробация работы.

Результаты диссертационной работы полностью отражены в более чем 70 научных работах, в том числе в 37 статьях в журналах из списка ВАК или приравненных к ним изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science.

Список наиболее важных публикаций, проиндексированных международными базами научных знаний Web of Science и Scopus, включает:

1. **Горбунова Э.М.** Влияние структурно-тектонических условий на распределение афтершоков после крупномасштабного техногенного воздействия // Геоэкология. 2007. № 5. С. 421–428.
2. **Горбунова Э.М.** Исследование поствзрывных деформаций дневной поверхности // Геоэкология. 2018. № 5. С .40–52.
3. **Горбунова Э.М.**, Виноградов Е.А., Беседина А.Н., Гашев Д.В. Реакция подземных вод на землетрясения и крупномасштабные взрывы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 1. С. 273–290.
4. **Горбунова Э.М.**, Спивак А.А. Изменение режима подземных вод при подземных ядерных взрывах // Геоэкология. 1997. № 6. С. 29–37.
5. **Горбунова Э.М.**, Беседина А.Н., Кабыченко Н.В., Батухтин И.В., Петухова С.М. Прецизионный гидрогеологический мониторинг в техногенно-нарушенных условиях: организация, проведение и обработка экспериментальных данных // Сейсмические приборы. 2021. Т. 57. № 2. С.62–80. https://doi.org/10.21455/si2021.2-4.
6. **Горбунова Э.М.**, Беседина А.Н., Кабыченко Н.В., Батухтин И.В., Петухова С.М. Реакция водонасыщенных коллекторов на динамическое воздействие (по данным

прецизионного мониторинга уровня подземных вод) // Физика Земли. № 5. 2021. https://doi.org/10.31857/S000233721050070.

7. Копылова Г.Н., **Горбунова Э.М.**, Болдина С.В., Павлов Д.В. Оценка деформационных свойств системы "пласт-скважина" на основе анализа барометрического и приливного откликов уровня воды в скважине // Физика Земли. 2009. № 10. С. 69–78.

8. Кочарян Г.Г., Виноградов Е.А., **Горбунова Э.М.**, Марков В.К., Марков Д.В., Перник Л.М. Гидрогеологический отклик подземных коллекторов на сейсмические колебания // Физика Земли. 2011. № 12. С. 50–62.

9. Besedina A., Vinogradov E., **Gorbunova E.**, Svintsov I. Chilen Earthquakes: Aquifer Responses at the Russian Platform // Pure and Applied Geophysics. 2016. Vol.173. № 2. P. 321–330.

10. **Gorbunova, E.** Large-Scale Explosion and Induced Seismicity: Geological, Structural, and Hydrogeological Impacts. Pure and Applied Geophysics. 2021. 178(4). P. 1223–1234.

11. **Gorbunova E.M.**, Besedina A.N., Vinogradov E.A. Reaction of the fluid saturated collector during the propagation of the seismic waves // AIP Conference proceedings. 2051, 020100 (2018); DOI: 10.1063/1.5083343.

12. **Gorbunova E.M.**, Besedina A.N. Study of the hydrogeological responses from the far earthquakes // SGEM 2019. Conference Proceedings 19. Issue 1.2. Bulgaria. 2019. P. 507–514.

13. Vinogradov E., **Gorbunova E.**, Besedina A., Kabychenko N. Earth Tide Analysis Specifics in Case of Unstable Aquifer Regime // Pure and Applied Geophysics. Vol.174. N6. 2017. ISSN 0033-4553. DOI 10.1007/s00024-017-1585-z.

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались:

- на международных конференциях, в т.ч. «Геофизическая конференция», Санкт-Петербург, 2000; «Геофизические технологии прогнозирования и мониторинга геологической среды», Львов, 2011; «Мониторинг ядерных последствий», Курчатов, Казахстан, 2004, 2010 – 2018; "European Seismological Commission 33rd General Assembly "Seismology without boundaries", Moscow, 2012; "Finite-Elements Models, Modflow and More 2004. Solving Groundwater Problems", Carlsbad, Czech Republic, 2004; XI международный экологический симпозиум «Урал атомный, Урал промышленный», Екатеринбург, 2005 "International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM", Албена, Болгария, 2010, 2015 – 2019; "18th International Symposium on Geodynamics and Earth Tides. Intelligent Earth System Sensing, Scientific Enquiry and Didcovery", Trieste, Italy, 2016; «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» 2018-2020; EGU General Assembly, on-line, 2020;

- на всероссийских совещаниях и конференциях, в т.ч. «Геодинамика и техногенез», Ярославль, 2000; «Комплексные проблемы гидрогеологии», Санкт-Петербург, 2013; «Математическое моделирование, геоинформационные системы и базы данных в гидрогеологии», Москва, 2013; «Мониторинг и прогнозирование катастроф», Махачкала, 2016; «Научные аспекты экологических проблем России», Москва, 2001; «Проблемы сейсмотектоники», Москва, 2011; «Сергеевские чтения», Москва, 2013, 2015, 2016; «Триггерные эффекты в геосистемах», Москва, 2013, 2015, 2019; «Физические проблемы экологии», Москва, 2013; «Решение экологических и технологических проблем горных производств на территории России, ближнего и дальнего зарубежья», Москва, 2019; «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ», посвященное памяти профессора С.И. Шермана, Иркутск, 2021.

Представленная диссертационная работа Горбуновой Эллы Михайловны «Реакция водонасыщенного коллектора на динамические воздействия» соответствует шифрам специальностей 25.00.07 – Гидрогеология (геолого-минералогические науки) и 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых (геолого-минералогические науки). Диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям согласно «Положению о присуждении ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 (внес. изм. Постановлением № 426 от 20.03.2021).

В результате обсуждения было принято решение рекомендовать диссертацию Горбуновой Эллы Михайловны «Реакция водонасыщенного коллектора на динамические воздействия» к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям 25.00.07 – Гидрогеология (геолого-минералогические науки) и 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых (геолого-минералогические науки).

Заключение принято на заседании семинара ИДГ РАН протокол № 4 от 18 мая 2021 г. Присутствовало на заседании 14 членов Ученого Совета, в том числе 7 докторов и 7 кандидатов наук. Результаты голосования «за» - 14 человек, «против» - 0 человек, воздержалось – 0 человек.

Научный руководитель ИДГ РАН
доктор физ.-мат. наук _____/Зецер Ю.И.