

Отзыв

официального оппонента Кузьмина Ю. О. на диссертационную работу Горбуновой Э. М. «Реакция водонасыщенного коллектора на динамические воздействия», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальностям 1.6.6. – Гидрогеология и 1.6.9. – Геофизика.

Актуальность. Изменения структуры порово-трещинного пространства водонасыщенного коллектора и порового давления под влиянием периодических (вариации атмосферного давления и земноприливные деформации) и спорадических (отклики на землетрясения, взрывы, промышленные отборы и закачки жидкости) факторов, необходимо учитывать в процессе интенсивного освоения подземного пространства, эксплуатации месторождений полезных ископаемых, особенно нефтегазовых, и других особо ответственных и экологически опасных объектов. Пространственно-временная нестабильность гидрогеодинамической обстановки активизирует карстово-суффозионные и оползневые процессы, техногенно-индуцированные сейсмодоформационные явления, которые приводит к негативным экологическим и социально-экономическим последствиям.

В этой связи исследование закономерностей формирования реакции водонасыщенного коллектора на динамические воздействия различной пространственно-временной структуры и генезиса, несомненно является актуальной задачей, как в научном, так и в прикладном аспектах.

Во многом этим определяется **цель** исследования - определение основных закономерностей реакции водонасыщенного коллектора на динамические воздействия различной интенсивности и развитие метода дистанционного контроля фильтрационных свойств водонасыщенного коллектора.

Для реализации поставленной цели в диссертации формулируется ряд основных задач:

1. Систематизация экспериментальных данных о реакции водонасыщенного коллектора на динамические воздействия различной интенсивности по данным гидрогеологического мониторинга.
2. Установление взаимосвязи между изменениями гидрогеодинамической обстановки и формированием областей поствзрывных деформаций во вмещающем массиве горных пород и на дневной поверхности при крупномасштабных взрывах.
3. Разработка метода дистанционного контроля фильтрационных свойств водонасыщенного коллектора по данным гидрогеологического отклика на земные приливы, землетрясения, взрывы и другие техногенные факторы.
4. Выявление

различий гидрогеологических эффектов, зарегистрированных в массиве и зонах влияния структурных нарушений при динамическом воздействии. 5. Определение соответствия между основными типами гидрогеологических откликов и режимами деформирования водонасыщенного коллектора в естественных и техногенно-нарушенных условиях. 6. Разработка феноменологической модели реакции водонасыщенного коллектора на динамические воздействия.

Научная новизна работы заключается в детальном анализе взаимосвязи между изменениями физико-механических и фильтрационных свойств массива горных пород и гидрогеодинамической обстановки; оценке эффективности дистанционного контроля фильтрационных свойств водонасыщенного коллектора в платформенных условиях по данным прецизионного мониторинга подземных вод; результатах впервые выполненной совместной интерпретации гидрогеологических эффектов, зарегистрированных при взрывах и землетрясениях, а также впервые выполненного анализа реакции системы «пласт-скважина» в процессе разработки железорудных месторождений с использованием взрывных технологий.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации подтверждается:

- обстоятельным и детальным обзором современного состояния исследований по теме диссертационной работы;
- огромным массивом экспериментальных данных, которые получены, в ряде случаев, по специально выбранной программе исследований, а также глубоким метрологическим анализом получаемых данных;
- применением современных методов статистического анализа экспериментальных данных и всесторонним обоснованием феноменологических механизмов формирования обнаруженных эффектов.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность результатов обоснована широким использованием комплекса геолого-геофизических и гидрогеологических методов и базируется на взаимном соответствии результатов, полученных в процессе обработки данных совместной, синхронной регистрации сейсмических, гидрогеологических и барометрических параметров; применением высокоточных аппаратурно-измерительных комплексов при дистанционном контроле реакции водонасыщенного коллектора на периодические факторы (атмосферное давление, земные приливы) и спорадические, вызванные прохождением сейсмических волн от удаленных землетрясений и массовыми взрывами, производимыми при эксплуатации железорудных месторождений

КМА; согласованность с теоретическими расчетами полученных экспериментальных данных в пределах природной (территория ГФО «Михнево») и природно-техногенных геосистем (на отдельных участках СИП и площадках разрабатываемых месторождений).

Научная и практическая значимость результатов.

Научная значимость проведенных исследований заключается в теоретическом обосновании и 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.

Разработанные научные основы дистанционного мониторинга фильтрационных свойств водонасыщенного коллектора в платформенных условиях, и сформулированная феноменологическая модель являются крайне востребованными при ведении горных работ с использованием взрывных технологий, закачке промышленных отходов в глубокие горизонты, которые несомненно влияют на развитие и интенсивность различных природно-техногенных процессов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 26 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 18 публикаций, проиндексированных в международных базах научных знаний Scopus, Web of Science.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и библиографии, включающей 248 наименований. Работа изложена на 262 листах, содержит 158 рисунков и 20 таблиц.

В первой главе приведен обстоятельный обзор существующего состояния проблемы. Обзор разумно систематизирован, что позволило автору выявить существующие проблемы и сформулировать цель работы и перечень решаемых задач.

Вторая глава посвящена последовательному описанию методики проведенных исследований и предложена ее поэтапная реализация при регистрации различных по пространственно-временному спектру воздействий на систему «скважина-пласт» и в целом на водонасыщенный коллектор. Глава написана детально, со скрупулёзным описанием точности и метрологических особенностей регистрации наблюдаемых эффектов.

В главе 3 представлено подробное описание гидрогеологических и геолого-геофизических особенностей объектов исследований. Примечательно, что диссертант не только использовал имеющуюся информацию, но и удачно адаптировал ее применительно к поставленной цели исследования и специфике решаемых задач. Интересен и важен для обоснования комплекса методов наблюдений, сделанный диссертантом вывод о том, что рассматриваемые водоносные горизонты характеризуются относительно невысокими значениями коэффициента фильтрации, упругой водоотдачи и, следовательно, являются оптимально информативными для постановки и проведения прецизионного гидрогеологического мониторинга.

Четвертая глава посвящена обоснованию научно-методического подхода к выделению зон необратимого и квазиобратимого деформирования на основе обработки экспериментальных данных, полученных на площадках «Дегелен» и «Балапан» СИП. В главе получен ряд крайне интересных результатов. Например, показано, что разрывные нарушения выступают в качестве границ, контролирующих области формирования техногенно-нарушенного режима подземных вод в процессе проявлений ПЯВ. Сделан вывод о том, что размеры сформированной при взрывном воздействии дополнительной гидрогеологической емкости (техногенной трещиноватости) определяют параметры и время существования воронки депрессии.

В пятой главе представлены результаты исследований гидрогеологических эффектов, выявленных на территории ГФО «Михнево» и в пределах разрабатываемых железорудных месторождений КМА, по данным прецизионного мониторинга. Здесь необходимо отметить ряд принципиально важных с точки зрения геомеханики флюидонасыщенных сред, результатов. Наиболее важными, по мнению оппонента, являются: результаты оценки фоновых фильтрационных характеристик водонасыщенных коллекторов надрудного комплекса – водопроницаемость и проницаемость на основе анализа фазового сдвига между приливными волнами, выделенными по вертикальной составляющей деформации среды и уровню подземных вод; установление степенной зависимости зарегистрированной амплитуды вариаций давления в системе «пласт-скважина» от максимальной скорости смещения грунта удаленных землетрясений и массовых взрывов; выявление различия амплитудно-частотных характеристик откликов водонасыщенных коллекторов порового и трещинно-пластового типов на сейсмическое воздействие. Следует отметить, что результаты, полученные в этой главе производят сильное впечатление, как новизной выявленных фактов, так и нетривиальностью их анализа.

Шестая глава посвящена формулировке феноменологической модели формирования выявленных эффектов, полученных по данным прецизионного мониторинга. Эмпирической основой модели является надежное

установление факта, что локальное нарушение структуры порово-трещинного пространства приводит к квазиобратимому деформированию коллектора, которое проявляется в виде постепенного и/или скачкообразного подъема/снижения уровня. При этом, в дальней зоне квазиупругое и пороупругое деформирование водонасыщенного коллектора при динамическом воздействии низкочастотных поверхностных колебаний от удаленных землетрясений и высокочастотных – от массовых взрывов выражается в вариациях уровня и давления в системе «пласт-скважина», соответственно. На этой основе построена совокупность качественных взаимосвязей наблюдаемых параметров, которая схематически, но наглядно представлена на рис. 6.32. Естественно, что всякая феноменологическая модель «работает», в основном в области полученных данных, но многочисленные ее экспериментальные подтверждения не оставляют сомнения в том, что она максимально адаптирована для построения последующей аналитической или численной модели. И в этом несомненная научная ценность результатов, полученных в данной главе.

Замечания. К диссертационной работе имеется ряд замечаний.

1. В тексте диссертации используется деление воздействий на «квазистационарные факторы – атмосферное давление и земные приливы и периодические – отклики на землетрясения, взрывы, промышленные откачки-нагнетания». Вместе с тем общепринято земные приливы относить к периодическим воздействиям. Кроме того, если иметь ввиду суточные и годовые колебания атмосферного давления, то их тоже сложно отнести к квазистационарным факторам. Вместе с тем, взрывы, землетрясения, откачки-закачки жидкости в пласт нося скорее спорадический, а не периодический характер. Необходима коррекция определений.
2. При сопоставлении сдвига фаз между приливными «смещениями грунта» и вариациями уровня, особенно в той части, где использовались данные широкополосной сейсмометрии, необходимо иметь ввиду, что любой вертикальный маятник откликается, как на приливные деформации среды, так и на приливные изменения силы тяжести. Фазы между гравиметрическими и деформационными приливами, даже для главных Лунных и Солнечных волн не совпадают. Поэтому, лучше использовать сопоставление фаз в рамках приливной программы гармонического анализа, т. е. амплитуды и фазы теоретического прилива.
3. Термин «смещения грунта» или «деформации грунта» в данном случае не корректен. Понятие «Грунт» регламентировано соответствующим ГОСТом. Лучше использовать смещения и деформации среды, верхней части геологической среды, земной коры и т.п.
4. В тексте диссертации приливные деформации отнесены к экзогенным воздействиям. Это принципиально не верно. Земной прилив вызывает деформацию за счет разности приливообразующей силы, приложенной к

поверхности и центру Земли. Поэтому формируются объемные деформации захватывающие всю толщу Земли, как планеты.

Заключение. Не смотря на сделанные замечания, следует отметить, что диссертационная работа Э. М. Горбуновой представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая посвящена решению крупной научной проблемы, имеющей важное народнохозяйственное значение. Диссертация содержит значительную долю научной новизны и практической значимости, ее результаты уже сегодня можно рекомендовать для внедрения в практику. Полученные результаты полностью соответствуют поставленной цели и задачам. Диссертация и автореферат имеют внутреннее единство и включают новые научные результаты и положения, выносимые на защиту. Опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Реакция водонасыщенного коллектора на динамические воздействия» соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней (пп. 9-14), а ее автор Горбунова Элла Михайловна заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальностям 1.6.6. – Гидрогеология и 1.6.9. – Геофизика.

Официальный оппонент: Кузьмин Юрий Олегович, доктор физико-математических наук (Специальность 1.6.9 – «Геофизика»), профессор, зам. директора по прикладное геодинамике и мониторингу ответственных объектов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской Академии Наук.

Рабочий адрес: 123242, Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.

Телефон: +7 (499) 766-26-56; e-mail: kuzmin@ifz.ru

Я, Юрий Олегович Кузьмин, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

Дата: 10 июня 2022 г.

/Кузьмин Ю. О./

Подпись Кузьмина Ю.О.
УДОСТОВЕРЯЮ
Зав. канцелярией ИФЗ РАН С.М.М.М.

10.06.2022

