

## Геологические и физические основы геоакустики

Николаев А.В. Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН.

## Geological and Physical Grounds for Geoacoustics

Nikolaev A.V. Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia

Acoustics of solid media has essential features, which significantly distinguish this branch of science from acoustics of fluids and gases. The main difference is that solids resist to changes of both volume and shear, and preserve their shape. Other differences are associated with geological properties of solid media. They are intimately associated with their physical, chemical and other properties.

Акустика твердых сред характеризуется существенными особенностями, значительно отличающими эту науку от акустики сред жидких и газообразных. Главное отличие в том, что твердые среды сопротивляются не только изменению объема, но и сдвига, сохраняют свою форму. Другие отличия связаны с геологическими свойствами твердых сред, они неразрывно связаны с их физическими, химическими и другими свойствами. В конце 70-х годов прошлого века академик М.А.Садовский сформулировал физическую доктрину, пять принципов «символа веры» реальной среды, названные «геофизической средой». Геофизическая среда характеризуется следующими основными свойствами: 1) иерархической неоднородностью, 2) нелинейностью, 3) энергонасыщенностью, 4) изменчивостью во времени, 5) способностью к «перекрестным» взаимодействиям – взаимодействию полей разной физической природы. Поясним содержание этих императивов и их связи с геологическими характеристиками горных пород.

*Иерархическая неоднородность* проявляется от долей зерна до планетарных, тысяч километров; эти размеры как бы вложены друг в друга.

*Нелинейность* имеет несколько проявлений. Геометрическая нелинейность – появляется при больших деформациях идеально упругих сред как криволинейная зависимость напряжений и деформаций; для волн малых деформаций справедлив закон Гука. Физическая нелинейность ярко проявляется для волн малых даже очень малых деформаций, имеет самые разнообразные выражения, связанные с процессами жизни геовещества.

*Энергонасыщенность* характеризует качество горных пород выделять разные виды энергии при изменении РТ условий, фазовых превращениях вещества, дегазации, дегидратации, процессах метаморфизма, метасоматоза, диагенеза и др., проявления энергонасыщенности – сейсмическая и акустическая эмиссия, электромагнитная эмиссия, крип и релаксация напряжений, растрескивание и схлопывание трещин.

Ясно, что жизнь энергонасыщенных, нелинейных и иерархически неоднородных сред – это непрерывные *временные изменения* свойств и структуры вещества, физических свойств и физических полей; эти изменения сопровождаются «перекрестными» взаимодействиями физических процессов разной природы, взаимодействиями различных полей, их взаимными влияниями.

Временные изменения проявляются, в частности, в синхронных изменениях полей разной физической природы и триггерных эффектах. Одним из магистральных направлений развития прикладной геоакустики является сейсмический и акустический мониторинг: систематическое повторение идентичных актов геоакустических исследований с целью выявления временных изменений среды, пространственных изменений ее свойств, естественных и искусственных полей, характера эволюционных процессов, их связи с геодинамикой.

К этой сложности прибавляется и та, которую вносят в геофизические среды и процесс трещиноватость и пористость, заполненность трещинного и порового пространства жидкостью и газом. Не рассматривая конкретные механизмы, описывающие проявления волновых и других процессов в различных обстоятельствах, укажем общее для них всех свойство – свойство эмерджентности. Эмерджентность говорит о том, что сложное целое, соединенное из известных частей, обладает свойствами, которыми не обладают его части.

Свойства сложного целого нельзя изучить теоретически, поскольку физические модели – это упрощенные схемы, из которых нельзя постичь сложное целое. Отсюда следует, что надо отдавать предпочтение дедуктивному пути, от общего к частному перед путем индуктивным, от частного к общему (не умаляя ценность последнего); нельзя слишком уповать на жесткую логику, развитую в математике, механике, отчасти в физике; идя от общего к частному, отдаем предпочтение эксперименту над теорией, геологическим свидетельствам по отношению к математическим и физическим моделям явлений.

Эти свойства ярко проявляются в задачах разведки нефти и газа, особенно при разведке нетрадиционных залежей углеводородов, повышении нефтеотдачи вибрационными воздействиями; в условиях дефицита информации – широко используем эвристический метод, отдаленные аналогии, интуицию, идеи целесообразности и красоты.