

РЕЦЕНЗИЯ

ФИЗИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ  
И АКУСТИКЕ КРИОГЕННЫХ ГЕОМАТЕРИАЛОВ

(рецензия на монографию А. Д. Фролова\*  
„Электрические и упругие свойства мерзлых пород и льдов“.  
Пушино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1998, 515 с.)

С. Е. Гречищев

Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия

В начале 1999 г. благодаря финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований вышла в свет книга А. Д. Фролова „Электрические и упругие свойства мерзлых пород и льдов“, являющаяся итогом более чем тридцатилетних собственных исследований автора и выполненным им обобщением многочисленных работ зарубежных и отечественных исследователей. Авторитет ее автора в профессиональной среде весьма велик: он — Заслуженный деятель науки и техники России, доктор наук, профессор. Его работы в области геофизической геокриологии известны специалистам всех стран, в которых проводятся исследования по криологии Земли. Поэтому опубликование им обобщающего труда вызывает большой интерес.

Книга, представленная А. Д. Фроловым, достаточна масштабна по объему. Она содержит более тридцати трех печатных листов. Большой интерес вызывает первая глава книги, в которой обосновываются фундаментальные основы взглядов автора на природные криогенные геоматериалы. Автор последовательно излагает концепцию физической модели криогенных пород как гетерогенной многофазной среды, отличающейся специфической структурой, включающей минеральную и ледяную матрицы и влагу, незамерзающую вплоть до очень низких температур. Он рассматривает взаимодействие всех компонентов криогенных геоматериалов в системном единстве, выдвигая концепцию пространственной криогенной кристаллизационно-коагуляционной структуры (ПККС). Такой взгляд является системообразующим стержнем всей книги и отражает физико-химический подход автора ко всем

электродинамическим и акустическим явлениям в криогенных геоматериалах.

Значительный интерес представляют теоретические воззрения автора на механические и электрические свойства гетерогенной среды, изложенные во второй главе книги. Несомненное значение для формирования научных взглядов на физические свойства гетерогенных сред здесь имеет предложенная автором феноменологическая теория электрической и механической релаксации с единых позиций.

Системный взгляд на строение гетерогенной среды позволяет автору достаточно естественно путем построить логическую физическую модель мерзлой породы как особого вида гетерогенной многофазной среды. Он справедливо отмечает, что известные модели зернистых и капиллярно-пористых сред далеко не адекватны мерзлым породам, и что требуется дальнейшая работа по формированию теоретической модели мерзлых пород. Вариант модели, предложенный самим А. Д. Фроловым, будет несомненно полезным для правильного понимания физических процессов в криогенных геоматериалах.

В главе 3 предложена упрощенная математическая модель электрических свойств мерзлых пород и обобщены многочисленные экспериментальные данные по определению диэлектрической проницаемости различных типов мерзлых пород. Работами автора установлено интересное электрофизическое явление, заключающееся в немономонном, с экстремумом, изменении показателей диэлектрических свойств при понижении температуры пород в отрицательной области. Дана подробная сводка эксперименталь-

\* Желание приобрести монографию могут обратиться в редакцию журнала „Криосфера Земли“ с гарантийным письмом оплаты бандероли наложенным платежом (стоимость книги пятьдесят рублей плюс почтовые расходы на пересылку).

ных данных по связям диэлектрических показателей с температурой, влажностью—льдистостью и минералогическим составом мерзлых пород. В главе собраны также данные о временах электрической релаксации мерзлых пород при различной температуре от  $-5$  до  $-77$  °С. Рассмотрены данные по электропроводности и частотно-температурной дисперсии диэлектрических свойств морских льдов и мерзлых засоленных грунтов.

Систематизированные данные о динамических модулях упругости мерзлых пород, снега и льда (в том числе и засоленных) и установленные закономерности их изменения от многих факторов приведены в главе 4. Там же изложена теория динамики сплошной и пористой упругой среды, представленная автором в компактном виде.

В главе 5 обобщен многолетний богатейший опыт автора и его сотрудников в области методов измерений показателей электрических и упругих свойств мерзлых пород, снега и льда. Описаны разнообразные схемы измерений как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Интересными явлениями в мерзлых и немерзлых грунтах являются электроакустический и, обратный ему, акустоэлектрический эффекты. В разделе 6.4 даются весьма полное описание известных в настоящее время экспериментальных данных, полученных в процессе изучения мерзлых грунтов, краткая история и библиография. Представляет значительный интерес теория этих явлений, основанная на общей теории неравновесной термодинамики в форме Онзагера. Несмотря на ее формальность она дает возможность объяснить некоторые наблюдаемые факты. В частности, с ее помощью автор объясняет факт сильного уменьшения акустоэлектрического эффекта с возрастанием концентрации порового раствора. Особенно интересны здесь экспериментальные данные о зависимости амплитуд линейного и нелинейного электроакустического эффектов от температуры мерзлых грунтов, концентрации и ионного состава порового раствора, что открывает реальные перспективы его применения.

В разделе 6.5 автор рассматривает применимость различных показателей физических свойств для изучения кинетики промерзания и фазового состава поровой влаги. Обзор применимости электромагнитных и сейсмоакустических методов для этих целей, проведенный автором, является весьма поучительным. Измерения электрического сопротивления, характеристик диэлектрической релаксации и проницаемости, акустических характеристик позволили эффективно оценивать температуру начала замерзания и содержание жидкой фазы в мерзлых грунтах.

Большой интерес представляет последний раздел 6.6, в котором автор приводит сжатый обзор возможных областей применения электрических и упругих свойств криогенных пород. Приводится информативная таблица, позволяющая быстро получить обобщенное представление о тех прикладных задачах, в которых эти свойства могут быть эффективно применены. В разделе особо выделена становящаяся в последние десятилетия все более актуальной задача эколого-геофизического мониторинга криолитозоны. Автор обращает внимание на то, что при использовании представлений о криогеосистемах и развитии теории их самоорганизации как открытых термодинамических систем, геофизические методы могут стать самым эффективным средством мониторинга окружающей среды в криолитозоне. Так, в цитируемых в книге работах В. П. Мельникова была открыта и исследована связь природной ритмичности электрического состояния верхних горизонтов криолитозоны с режимом изменения их термодинамических показателей в годовом цикле. На актуальность работ в этом направлении было указано на Международной конференции по мониторингу криосферы, проходившей в г. Пушкино Московской области 20—25 апреля 1999 г.

Оценивая работу А. Д. Фролова в целом, хочется отметить ее энциклопедичность. Она является хорошим путеводителем по физическим свойствам природных криогенных материалов — мерзлых пород, снега и льда. Она же является фундаментальным обобщением и полной сводкой данных по электродинамике и акустике этих материалов. Большое значение будут иметь открытые автором закономерности взаимосвязи электрических и механических свойств мерзлых пород и льдов, установленные им линейный и нелинейный электроакустические эффекты и эффект макродипольной поляризации в мерзлых грунтах. Несомненное влияние на исследователей окажут теоретические взгляды автора на физическое строение криогенных геоматериалов в рамках последовательно применяемых им системных представлений.

Думается, что влияние этой книги окажется весьма значительным. Исследователи найдут в ней предмет для дальнейших размышлений, описание новых методов и теорий. Практики — подробную сводку данных по электродинамическим и акустическим свойствам криогенных геоматериалов.

Книга А. Д. Фролова — несомненная историческая веха в развитии основ российской геокриологии. Она будет интересна и опытным специалистам и начинающим исследователям.

Поступила в редакцию  
20 мая 1999 г.