

# ТЕРМОДИНАМИКА ГРУНТОВ: НОВЫЙ УЧЕБНИК<sup>1</sup>

## THERMODYNAMIC OF SOIL: NEW STUDENT'S BOOK

### КОМАРОВ И.А.

Заведующий лабораторией инженерной геокриологии кафедры геокриологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., профессор, г. Москва, [ilya\\_komarov@mail.ru](mailto:ilya_komarov@mail.ru)

### KOMAROV I.A.

Head of the Laboratory of Engineering Geocryology, Geocryology Department, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), professor, Moscow, [ilya\\_komarov@mail.ru](mailto:ilya_komarov@mail.ru)



Учебник посвящен применению методов термодинамики при решении различных задач инженерной геологии. Прежде всего, всестороннее объяснение и более глубокое понимание с помощью энергетического анализа на базе термодинамики получили процессы, происходящие в грунтах. Свойства грунтов находятся в непосредственной зависимости от термодинамических условий, способных меняться в широких пределах, что обуславливает необходимость анализа этих взаимосвязей. Применение термодинамического подхода к проблеме изучения грунтов дает возможность количественно описать в единых энергетических терминах поведение грунта и его важнейших компонентов в разных термодинамических условиях, теоретически рассчитать и обосновать прогноз поведения грунтов, установить фундаментальные зависимости между их свойствами.

Во многих вузах при подготовке геологов и горных инженеров вопросам термодинамики горных пород уделяется особенное внимание и издается специализированная учебная литература<sup>2,3</sup>. В отличие от опубликованных книг из этой сферы новый учебник В.А. Королева ориентирован в первую очередь на инженеров-геологов, грунтоведов, изучающих грунты как динамичные и многокомпонентные системы. Для этих специалистов наиболее важна термодинамика фазового и компонентного состава грунтов, а также термодинамика их физико-химических и физико-механических свойств. Именно этим вопросам автор уделяет основное внимание в учебнике.

Первое издание «Термодинамики грунтов» было выпущено в 1997 году издательством Московского университета как учебное пособие. Небольшой тираж, всего 500 экземпляров, быстро сделал книгу библиографической редкостью. Переиздание учебника в настоящее время, несомненно, очень своевременно. Автор существенно переработал и дополнил новое издание: расширены некоторые разделы, добавлена глава о тепловом

В апреле 2016 г. вышел в свет учебник для вузов «Термодинамика грунтов». Автор книги — профессор геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, известный грунтовед В.А. Королев. Широкий научный кругозор, глубокое знание термодинамики и теоретических основ инженерной геологии позволили автору создать актуальный, отвечающий современным требованиям, интересный учебник.

<sup>1</sup> Королев В.А. Термодинамика грунтов: учебник. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2016. 258 с.

<sup>2</sup> Дмитриев А.П., Гончаров С.А. Термодинамические процессы в горных породах: учебник для вузов. М.: Недра, 1983. 312 с.

<sup>3</sup> Симкин Э.М. Основы термодинамики горных пород: учебное пособие. М.: Ижевск: ИКИ, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. 220 с.

поле грунтов. Главной особенностью учебника стал новый раздел с практическими заданиями для студентов по отдельным темам курса. Он посвящен расчетам и математическому компьютерному моделированию происходящих в грунтах термодинамических процессов. Задания сопровождаются текстами компьютерных программ, приведенными в приложениях учебника.

Учебник подготовлен в полном соответствии с дисциплиной «Термодинамика грунтов», входящей в вариативную часть учебного плана подготовки магистров по профилю «Гидрогеология, инженерная геология, геокриология». Он соответствует образовательному стандарту, установленному МГУ им. М.В. Ломоносова для программ высшего профессионального образования по направлению подготовки «Геология» и ФГОС 3+ по направлению подготовки «Геология» (уровень магистратуры). Учебник имеет гриф Учебно-методического совета по геологии УМО по классическому университетскому образованию. Как несомненные достоинства учебника хотелось бы отметить понятный язык и доступный стиль изложения, а также логичную структуру подачи материала от простого к более сложному.

В первых трех главах автор знакомит студентов с базовыми вопросами читаемого курса и термодинамики как науки в целом. Сначала излагаются цель и назначение курса, основные компетенции, структура преподавания. Затем рассмотрена история становления и развития термодинамики. Рассказано о ее применении в различных областях геологии, в том числе излагаются методологические основы применения термодинамики в инженерной геологии. Вводятся основные понятия и определения классической термодинамики и термодинамики необратимых процессов, рассматриваются законы термодинамики в приложении к решению различных инженерно-геологических задач.

Студенты знакомятся с основными идеями термодинамического подхода, его красотой и внутренней непротиворечивостью. Использование аппарата термодинамики позволяет абстрагироваться от чрезвычайно сложной картины процессов, происходящих в породах, и использовать для их описания относительно небольшое количество феноменологических параметров. Интересно, что законы термодинамики приложимы к описанию процессов как в макрообъемах (массив горных пород), так и в микрообъемах (объем поры, пленка связанной воды и т.д.). В этом заключается неосценимое преимущество термодинамического метода, особенно для решения задач практического характера.

Впрочем, за универсальностью и относительной простотой термодинамического метода не стоит забывать и о его ограничениях: он устанавливает связь между макроскопическими параметрами изучаемой системы, тогда как механизм явлений, влияние строения пород и ряд других особенностей могут остаться нераскрытыми. Учитывая огромное разнообразие, многофакторность и уникальность условий формирования пород, следует констатировать, что термодинамический метод имеет естественные ограничения применимости. Таким образом, знание рамок применения метода – одна из компетенций, приобретаемых студентами при изучении курса.

Большим достижением рассматриваемого учебника и идей, развиваемых в работах В.А. Королева, яв-

ляется глубокий и всесторонний анализ физической картины происходящих в породах процессов, введение модельных представлений о структуре пород, молекулярно-кинетических представлений о структуре жидкой и твердой фазы и т.д. Именно это позволяет использовать достаточно скупой аппарат классической и неравновесной термодинамики для описания сложнейших процессов и явлений, происходящих в горных породах. Этим проблемам посвящено содержание следующих пяти глав.

Разобран вопрос о фазовом составе пород, где анализируется термодинамика твердой, жидкой и газообразной фаз грунта, излагается метод построения треугольных диаграмм фазового состава грунтов и его интерпретация. Рассматриваются общие закономерности формирования фазового состава грунтов различных генетических и литологических типов. Дается термодинамический анализ энергетического состояния воды в грунтах, приводятся термодинамические закономерности формирования различных категорий влаги. Описаны процессы гидратации и дегидратации, закономерности изменения потенциала и давления влаги, расклинивающего давления.

В разделе о термодинамических вопросах основных химических и физико-химических процессов в грунтах рассмотрены химические реакции и равновесия, растворение компонентов, адсорбция, ионный обмен. Показываются способы применения термодинамики для оценки условий гипотетических химических реакций в грунтах, варианты моделирования и описания физико-химических равновесий. В конце раздела дан термодинамический анализ основных процессов переноса в грунтах. Представлена вся совокупность этих процессов: теплоперенос, влагоперенос, термоосмос, диффузия и осмос, электропроводность, электрокинетические явления и др.

В заключительном разделе даются знания о тепловом режиме грунтов, их теплофизических особенностях, процессах теплообмена, тепловом балансе грунтов — о процессах, происходящих в массиве пород. С позиций термодинамики выявляются закономерности деформирования и разрушения грунтов, включая термокинетическую теорию прочности грунтов и анализ термодинамических критериев прочности и разрушения грунтов на основе современных представлений физики твердого тела и механики сплошной среды.

Приложения учебника содержат практические занятия по всем пройденным темам. Для выполнения практических работ в учебнике собраны тексты компьютерных программ, позволяющих выполнять компьютерное термодинамическое моделирование и термодинамические расчеты. Программы, созданные на Turbo Basic, могут быть легко переведены на более распространенные языки Си и Паскаль.

Уникальный по структуре и содержанию учебник не имеет аналогов в России и за рубежом, поскольку ориентирован на преподавание термодинамики грунтов именно инженерам-геологам, и в первую очередь грунтоведам. Учебник будет полезен студентам, бакалаврам и магистрантам, аспирантам и специалистам инженерам-геологам, грунтоведам и почвоводам, геокриологам и гидрогеологам, а также всем специалистам, занимающимся исследованием грунтов. 