

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

Введение. Разогрев глубинных слоёв Земли связывают главным образом с распадом находящихся там радиоактивных элементов, хотя есть и другие источники тепла, например, физико-химические, тектонические процессы в глубоких слоях земной коры и мантии. Но чем бы это ни было обусловлено, температура горных пород и связанных с ними жидких и газообразных субстанций с глубиной растёт. Тепловой поток земных недр, достигающий поверхности Земли, невелик — в среднем его мощность составляет $0,03\text{—}0,05\text{ Вт / м}^2$ [1]. Непосредственное изучение температуры недр в пределах суши производится в шахтах и буровых скважинах электротермометрами; для измерений на морском дне употребляют термоградиентографы. Теплопроводность горных пород определяется на основании изучения образцов в лабораториях.

Основная часть. Что находится в недрах Земли — расплавленная пластичная магла или сверхтвёрдое вещество? Температуры в тысячи, в десятки тысяч градусов или холод, который близок абсолютному нулю? Это одна из величайших загадок Земли [2]. Температуру измеряют специальными термометрами в буровых скважинах. Некоторое представление о состоянии земных недр получают, измеряя температуру горячих источников и вулканических лав. Установлено, что из недр Земли наружу все время идет поток тепла. С углублением в недра Земли температура увеличивается. Однако этот рост неодинаков. Расстояние, с углублением на которое температура повышается на один градус, назвали геотермической ступенью. В среднем для континентов она составляет 33 м, а местами увеличивается до 100 м и более. Но всюду с глубиной температура растёт. Тот факт, что тепло повсеместно истекает из недр Земли в пространство, с очевидностью доказывается повышением температуры с глубиной в любой скважине или шахте (рисунок 1); температурные градиенты, измеренные на разных объектах, изменяются от $25\text{ до }40^\circ\text{C}$ на 1 км. Следовательно, тепловой баланс может осуществляться только в том случае, если тепло поступает во внешнее пространство из недр Земли [3]. Тепловой баланс Земли можно наблюдать на примере проведенного в Северной Англии исследования скважины через три года после завершения бурения.

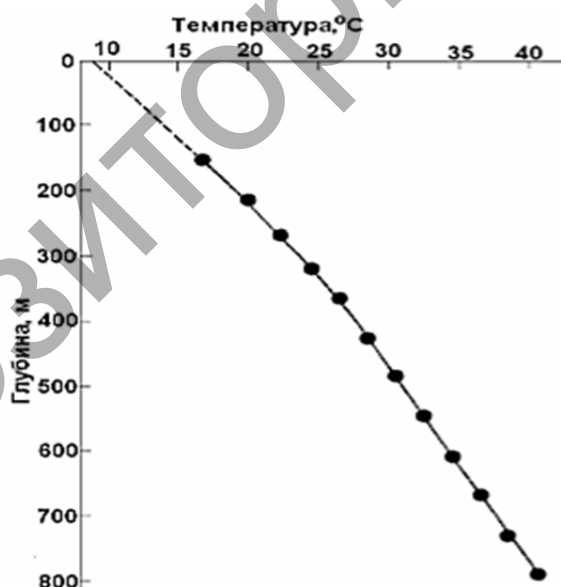


Рисунок 1 — Результаты определения теплового потока в скважине

Расплавленное вещество коры или мантии извергается на поверхность через жерла вулканов. На поверхности температура жидкой лавы достигает $1\ 000^\circ\text{C}$. А в вулканическом очаге температура магмы выше, по крайней мере, на несколько сот градусов [2]. Различают два основных типа магматической деятельности Земли: эффузивный, при котором лавы извергаются на поверхность, и интрузивный, при котором расплав застывает внутри земной коры, образуя интрузивные горные породы. Оба эти типа могут быть использованы для оценки

температуры Земли. Наиболее точные данные можно получить по измерениям температур вулканических лав [4]. В настоящее время известно около 500 действующих вулканов, большинство которых приурочено к Тихоокеанскому орогеническому поясу. Значительное число вулканов приурочено к молодым орогеническим зонам, к зонам современных разломов (например, в Восточной Африке), к океаническим валам. Однако если учесть проявление вулканизма, например, с начала кембрия, то картина размещения вулканов окажется более равномерной. К этому следует добавить весьма широко распространенную вулканическую деятельность океанического дна, что было установлено исследованиями последних десятилетий [1].

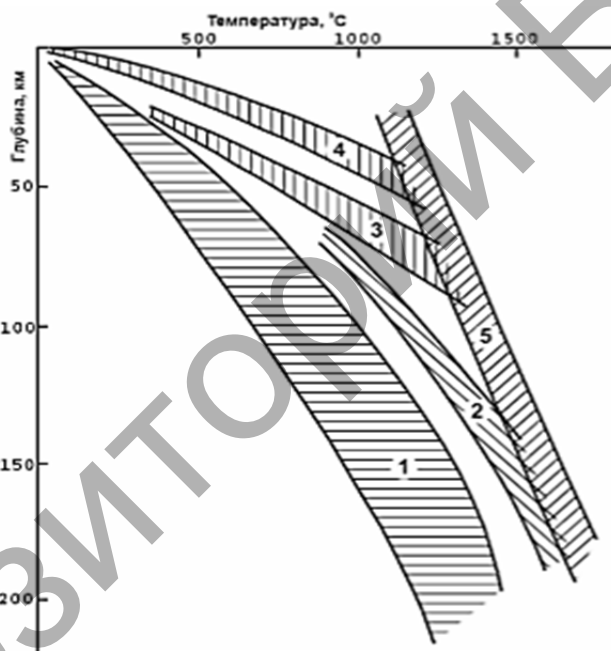
Таким образом, можно утверждать следующее:

– температуры, которые получают по данным вулканических извержений, достаточно репрезентативны, хотя, возможно, они и несколько выше средней температуры соответствующих глубин, поскольку, по данным сейсмологии, вещество оболочки Земли везде твердое, расплавы встречаются лишь в виде отдельных локальных очагов;

– все проявления вулканизма, начиная с кембрия, могут приниматься во внимание при оценках современных температур внутри Земли.

При оценке температур земных глубин по вулканической деятельности возникают две основные задачи: определение глубины первичного источника питания вулканов и определение температуры в очаге. Анализ условий, при которых в пределах земных недр на глубинах около 100 км может образоваться расплав, показывает, что значения температур могут быть несколько выше и составлять 1 300°C. Анализ магматической деятельности Земли показывает, что на глубинах около 100 км значения температуры могут достигать 800—1 300°C.

Приведем результаты измерений зависимости температуры от глубины (рисунок 2).



1 — докембрийские щиты и платформы; 2 — герцениды; 3 — океанские плиты; 4 — альпиды; 5 — солидус сухих пород верхней мантии

Рисунок 2 — Геотермы для континентов и океанов

Вывод. Возможность использования тепла из недр Земли огромна. Атмосферные воды повсеместно фильтруются через проницаемые отложения, достигая горячих горных пород, они нагреваются. В отдельных случаях даже на глубинах до 3 км эти воды превращаются в пароводяную смесь. На юге Беларуси в некоторых скважинах Припятского прогиба температура на глубине 4 км превышает 100°C, например, скважина Барсуковская-63. Как теплые, так и горячие воды либо рассолы могут быть подняты на земную поверхность через буровые скважины, их тепло использовано для отопления зданий, обогрева теплиц, сушки зерна и т. п. Количество тепла, запасенное в недрах Земли, огромно. В верхней оболочке до глубины 10 км оно превышает в 50 000 раз количество тепла, запасенное во всех месторождениях нефти и природного газа в мире. В отличие от неравномерного распределения месторождений нефти, газа и каменного угля, геотермальная энергия имеется в любом месте планеты. Температура земных недр везде монотонно возрастает с глубиной.

Список цитируемых источников

1. Тепло земли. Наука и жизнь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/23110> . — Дата доступа: 12.03.2017.
2. Магницкий, В. А. Внутреннее строение и физика Земли / В. А. Магницкий. — М., 1965.
3. Магницкий, В. А. Общая геофизика : учеб. пособие / В. А. Магницкий. — М. : Изд-во МГУ, 1995. — 317 с.
4. Тепло земли [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/inbox/5226/18.pdf> . — Дата доступа: 12.03.2017.

УДК 537.621+608

Н. Н. Черкасов, Т. С. Петлицкая

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ ВО ВРАЩАТЕЛЬНУЮ СИЛУ С УВЕЛИЧЕНИЕМ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА

Введение. В настоящее время магнетизм очень широко используется, при этом связывает огромные области физической науки. Магнетизм — особая форма взаимодействия электрических токов и магнитов (тел с магнитным моментом) между собой и одних магнитов с другими магнитными материалами. Всем элементарным частицам, наряду с их основными свойствами, присущи и магнитные свойства, так как у любой элементарной частицы, даже у электрически нейтральной, существует магнитный момент. Магнитные свойства обнаруживаются во всем окружающем мире: от мельчайших материальных образований — элементарных частиц — до безграничных космических просторов, заполненных магнитными полями. Передача магнитного взаимодействия реализуется посредством особого материального носителя — магнитного поля. Магнитное поле является важнейшей характеристикой электромагнитной формы материи. Магнитное поле теснейшим образом связано с электрическим полем. Источниками электрического поля являются электрические заряды, источником же магнитного поля является движущийся электрический заряд, т. е. электрический ток. Магнитных зарядов, подобно электрическим, нет в природе, хотя гипотезы об их существовании уже есть, но подтверждающих фактов пока ещё не было. Для электронов и нуклонов имеются два типа микроскопических токов — орбитальные и спиновые. Орбитальные микротоки связаны с переносным движением центров тяжести этих частиц, а спиновые микротоки связаны с внутренними степенями свободы их движения. Если же говорить об атомных ядрах и электронных оболочках атомов, то здесь следует учитывать результирующий орбитальный и спиновый магнитные моменты. Поскольку все микроструктурные элементы веществ (электроны, протоны и нейтроны) являются носителями магнитного момента, то и любые их комбинации (атомные ядра, атомы, молекулы и все макротела) могут быть источниками магнетизма. Отсюда и следует утверждение об универсальном характере магнетизма веществ: магнитные свойства присущи всем веществам, т. е. они все являются магнетиками [1].

Современные магнитные материалы, представляющие собой сложную атомную структуру, приводят к практически неисчерпаемому многообразию их магнитных свойств. Проникая в мельчайшие детали строения веществ, можно получить новые детали строения их магнитных свойств.

Основная часть. Кажущееся противоречие с законом сохранения энергии ставит вопрос об источнике энергии магнитного поля. Таким источником является само вещество магнитов, обладающее запасом магнитной энергии, который за счет процессов, происходящих на микроуровне, непрерывно восполняется, а точнее, поддерживается на неизменном уровне, если не считать факторов, приводящих к так называемому старению магнитов. Коэффициент полезного действия всех известных преобразователей энергии всегда меньше единицы. Однако в микромире действует иной процесс: движение микрочастиц обусловлено тепловой энергией — импульс p движения микрочастиц массой m_1 определяется как $p^2 / 2m_1 = (3/2)kT^0$, где k — постоянная Больцмана, T^0 — температура по шкале Кельвина, а соударения микрочастиц между собой вызывают тепловые процессы — среда нагревается, т. е. происходит самовоспроизводящийся обмен энергией, при котором беспредметно говорить о тепловых потерях, поскольку тепловая энергия и является источником движения микрочастиц, а это движение порождает саму тепловую энергию. На поддержание хаотического движения микрочастиц и, следовательно, хаотического распределения магнитных моментов в веществе, при котором оно не обнаруживает ощутимых магнитных свойств, затрачивается, по-видимому, больше энергии, чем для тех микрочастиц, которые имеют упорядоченное расположение их магнитных моментов. Поэтому высвободившаяся в результате упорядочения микрочастиц (доменов) часть энергии как раз и составляет энергию магнитного поля. Эта энергия самовосполняемая, определяемая природой процессов превращения энергии на микроуровне [2].

Однако остается неясным вопрос, каким образом механическая работа, совершаемая действием постоянного магнитного поля на магнитные тела или другие магниты, осуществляется без потери энергии магнитного