

УДК 552.22:537.63(179.25)

ГЕОФИЗИКА

Г. М. Аветян, Г. Г. Маркосян, С. Р. Оганесян

Роль магнитного поля при осаждении частиц

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Т. Аслабяном 15/IV 1988)

В работе (1) было показано, что разрушение пород при приложении сосредоточенной силы происходит по направлению, перпендикулярному первичной остаточной намагниченности, т. е. перпендикулярно направлению геомагнитного поля эпохи образования пород T_{op} . Известно, что между геологическими разломами и складчатостью имеется тесная связь. Следовательно, при наличии связи между разрушением и направлением древнего геомагнитного поля должна быть связь и между складчатостью и направлением T_{op} . Такая связь была установлена для тектонических структур Армении (2) и Азербайджана (3). Было показано, что угол между осью образованных или активизированных вытянутых структур мезозоя и кайнозоя и направлением геомагнитного поля данного времени близок к перпендикулярности (около $90 \pm 10^\circ$). Истолкование рассмотренных результатов базировалось на предположении о наличии в породах «палеомагнитной слоистости», т. е. слоев, образование которых связано не только с гравитационными силами, обычно приводящими к горизонтальной слоистости, но и с магнитным полем, приводящим к направленному движению частиц в процессе их осаждения в водных бассейнах. Это приводит к образованию «слоев», ортогональных или параллельных направлению магнитного поля Земли, т. е. в каждом слое осадочных пород имеется визуально невидимая слоистость в распределении минеральных и цементирующих частиц. Данная слоистость предопределяет в дальнейшем анизотропию физических свойств среды и, в частности, направленность разрушения. До настоящего времени предполагается, что взвешенные в водных бассейнах мелкие частицы, обладающие остаточной намагниченностью, осаждаются вертикально, а впоследствии, под действием магнитного поля Земли, происходит упорядочение магнитных моментов этих частиц по направлению поля. Интегральная величина возникшей остаточной намагниченности носит название ориентационной, а направление этой намагниченности соответствует направлению геомагнитного поля эпохи образования пород. Дальнейшее исследование процесса образования ориентационной намагниченности привело к выводам, что наличие в осадке, кроме сферических, и дискообразных частиц, магнитные моменты которых расположены в плоскости диска, приводит к несоответствию наклона осадка наклону магнитного поля. Причиной этого является то, что дискообразные части-

цы ложатся горизонтально (6). Кроме того, ошибки наклона возникают также из-за явления «скатывания» частиц на дне бассейна, наклона подстилающей поверхности, наличия донного течения и т. д.

А. Н. Храмовым (7) было учтено дезориентирующее явление броуновского движения, из-за чего намагниченность среды не является суммой произведения числа и магнитных моментов частиц.

Еще раз отметим, что во всех рассмотренных случаях предполагается, что частицы осаждаются под действием силы тяжести вертикально, а ориентация частиц по магнитному полю происходит после осаждения частиц на дне бассейна. Если же ориентация частиц происходит в взвешенном состоянии, то она сохраняется до конца осаждения частиц на дне бассейна. Частицы осаждаются вертикально, не меняя свою ориентацию относительно магнитного поля.

Как было отмечено, в осадках присутствуют дискообразные частицы, магнитные моменты которых расположены в плоскости диска (7). В шлифах осадочных пород только в редких случаях можно обнаружить сферические зерна. Последние обычно имеют форму двух- или трехосного эллипса, т. е. одна из осей эллипса по длине превосходит остальные. Причиной этого является ориентационное «истирание» частиц на основе рассматриваемого в данной работе явления. Известно, что направление остаточной намагниченности микрочастиц магматического происхождения совпадает с направлением их длинной оси. Это обусловлено кристаллографической анизотропией, а для относительно более крупных частиц — явлением ориентированного «истирания». Такие частицы, естественно, в жидкой среде ориентируются длинными осями в направлении внешнего поля. Внешнее магнитное поле приобретает роль «направляющей» силы в процессе движения частиц под действием силы тяжести, тогда как поверхность сплюснутой стороны частицы является планирующей поверхностью. На рис. 1 показана схема действия сил на частицу. Составляющая силы тяжести, направленная перпендикулярно плоскости диска (совпадающей с малой осью эллипса), компенсируется выталкивающей силой воды, дей-

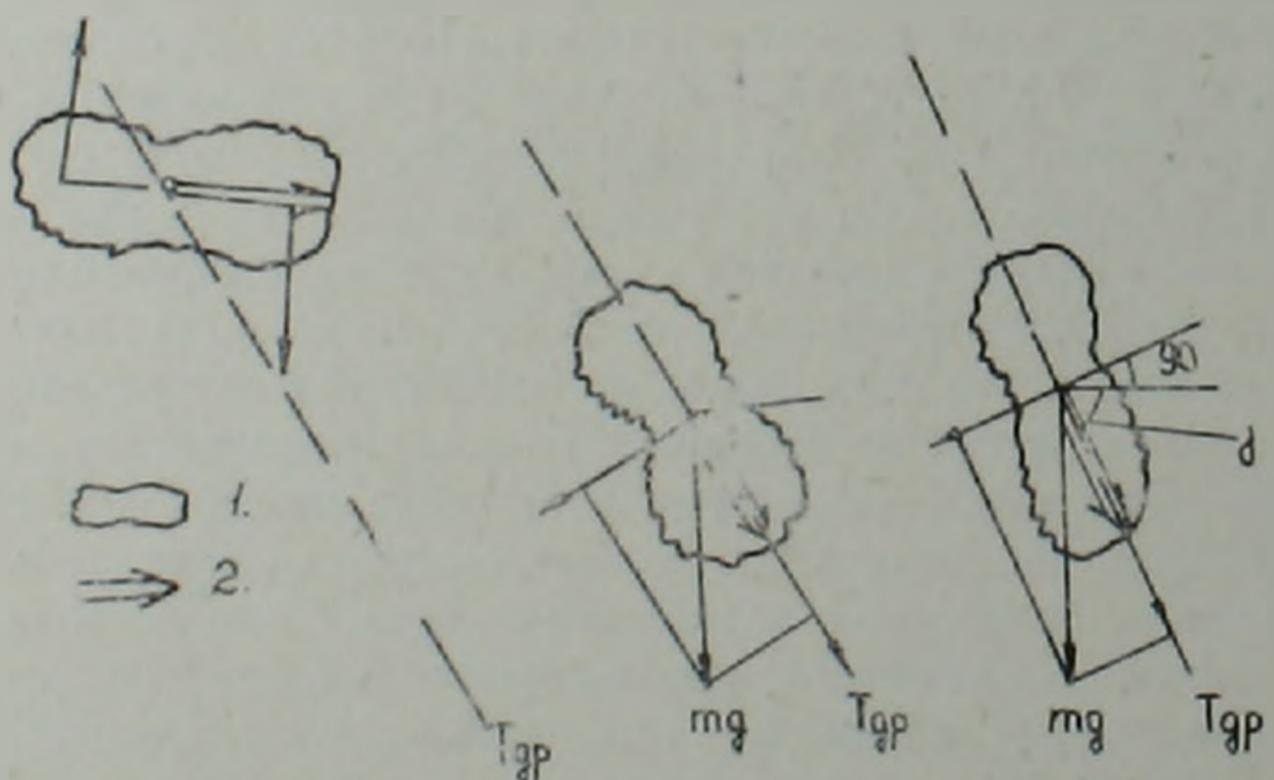


Рис. 1. Схема осаждения частиц в магнитном поле T_{gr} :
1—частица; 2—направление намагниченности частицы; mg —сила тяжести; i —наклоение геомагнитного поля T

ствующей на эту поверхность. В этом случае движение частицы происходит главным образом под действием составляющей, параллельной плоскости диска. Плоские стороны частиц ориентируются по направлению геомагнитного поля с азимутом 0 или 90°.

При вышерассмотренных случаях, естественно, не исключается также вероятность вертикального осаждения частиц, масса которых значительно превышает критические значения, при которых частица в состоянии вращаться под действием магнитного поля и ориентироваться по полю.

Такие частицы наряду с диамагнитными и слабо парамагнитными частицами осаждаются вертикально, образуя горизонтальную слоистость, названную нами в дальнейшем «гравитационной» слоистостью.

Таким образом, в осадке до литификации, кроме горизонтальной (гравитационной) слоистости, по нашему мнению, образуются также слои по трем взаимно перпендикулярным направлениям, названным нами «гравимагнитными» и «магнитными» слоями или в совокупности «палеомагнитной слоистостью» среды (рис. 2). Гравимагнитные слои

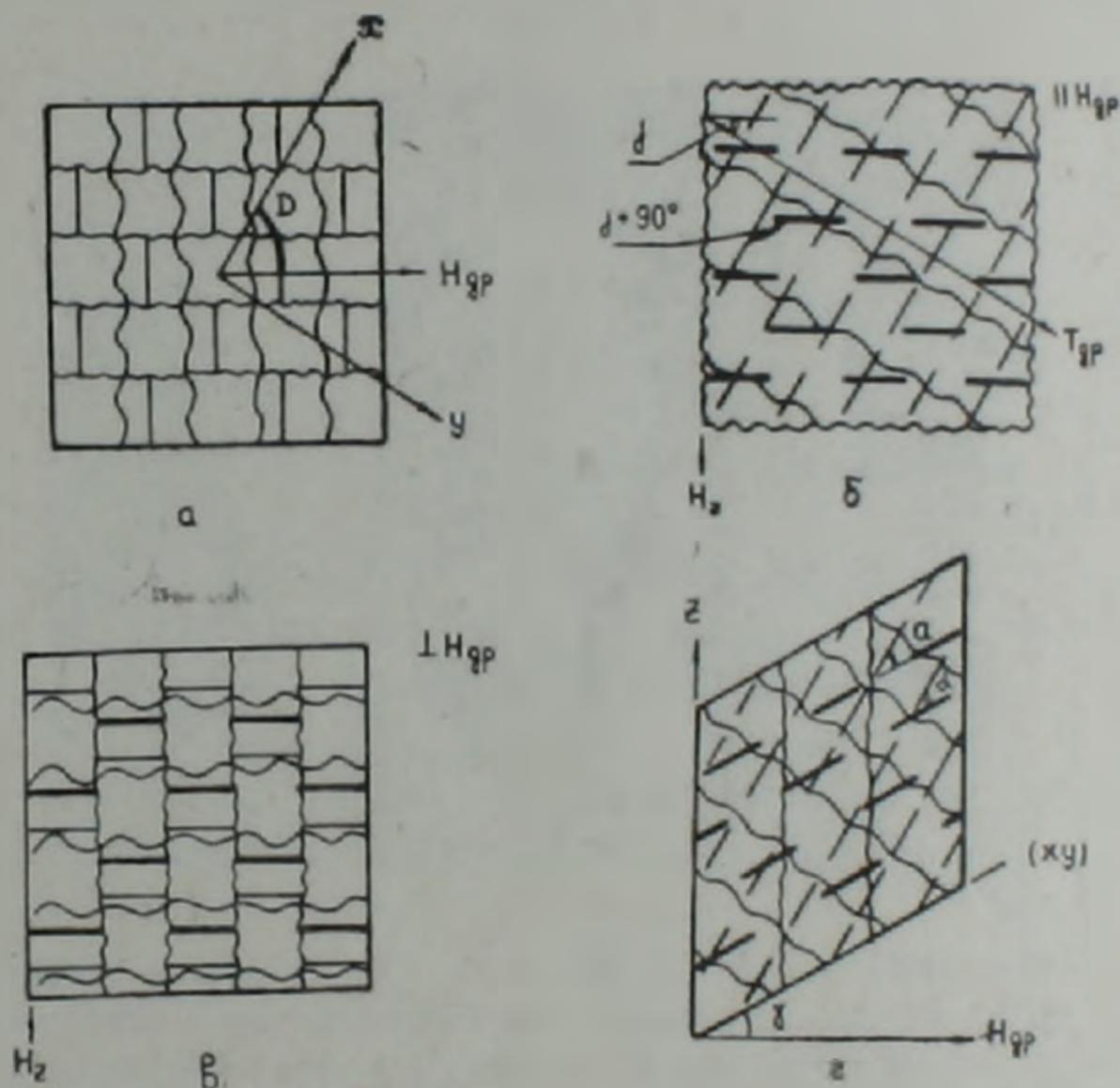


Рис. 2. Схема палеомагнитной слоистости: а—в горизонтальной плоскости; б—в вертикальной плоскости, параллельной магнитному меридиану $T_{gr}(I; H_{gr})$; в—в вертикальной плоскости, перпендикулярной магнитному меридиану $T_{gr}(II; H_{gr})$; г—в вертикальной плоскости под углом j относительно магнитного меридиана. Простая линия—направление гравимагнитной слоистости, жирная линия—направление гравитационной слоистости, крупноволнистая линия—направление магнитной слоистости I вида, мелковолнистая линия—направление магнитной слоистости II вида

перпендикулярны направлению полного вектора геомагнитного поля эпохи образования осадка, т. е. направлению движения частиц при осадконакоплении, и наклонены относительно горизонтальной плоско-

сти под углом $(90^\circ + j)$, где j — наклонение геомагнитного поля эпохи осадконакопления. Магнитные слои параллельны вектору геомагнитного поля, а их плоскости составляют угол j с горизонтальной составляющей этого же поля. Эта слоистость названа нами магнитной слоистостью I вида. Магнитные слои II вида параллельны магнитному меридиану древнего геомагнитного поля и составляют 90° относительно горизонтальной плоскости.

С целью дальнейшей проверки высказанных предположений о возникновении палеомагнитной слоистости в осадочных породах вследствие ориентирующего действия геомагнитного поля в процессе осаждения частиц были проведены опыты по переосаждению в лабораторных условиях. Опыты проводили по общепринятой методике, известной из работ (4-8). Осаждение проводили в стеклянных трубках диаметром 5,6 см и высотой 2,60 м. Для осаждения использовали глины из района с. Арпи. Ежедневно засыпали в трубки не более 10 г глинистой суспензии. Общая длительность переосаждения превышала 6 месяцев.

Как видно из фотографий осадков (рис. 3), толщина осадка в се-

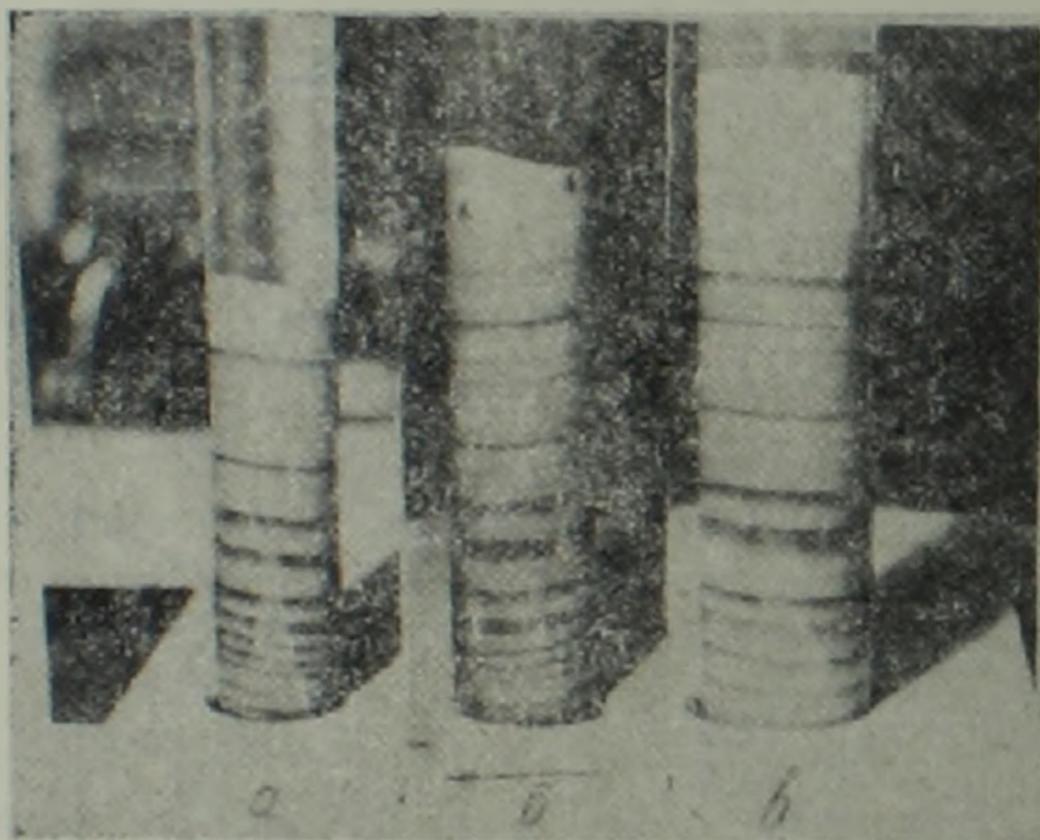


Рис. 3 Результаты переосаждения глин: а и б—в земном магнитном поле; в—при сканировании сосуда пермоллом. Стрелкой указано направление геомагнитного меридиана. В момент А сосуд повернули на 180° относительно вертикальной оси

верном направлении больше, чем в южном, т. е. подтверждается наше мнение, что при осаждении имеет место движение частиц в сторону севера. Следовательно, при других равных условиях пласты в северном направлении должны иметь большую мощность и более высокую относительную глинистость, чем в южном. Большая мощность с севера и меньшая—с юга должна приводить к образованию наклонных слоев относительно горизонтальной плоскости. При этом возникающая слоистость, названная гравимагнитной слоистостью, составляет угол, близкий к магнитному наклонению на месте осаждения. Разница между направлением гравимагнитной слоистости и магнитным наклоне-

нием в нашем эксперименте, по-видимому, объясняется небольшой высотой (2,60 м) стеклянных труб, в которых производили переосаждение. При такой высоте не все частицы успевают ориентироваться в жидкости по направлению геомагнитного поля, вследствие чего многие частицы осаждаются вертикально, уменьшается количество частиц со стороны севера и тем самым наклон гравимагнитной слоистости. Между тем в эксперименте могла иметь место и обратная картина — увеличение мощности осадка с севера, т. е. увеличение наклона видимых на фотографии «микрослоев» из-за ограничивающего действия стенки стеклянной трубки, в связи с чем было затруднительно количественно установить соответствие угла наклона слоев наклонению геомагнитного поля.

Для проверки достоверности выводов относительно возникновения гравимагнитной слоистости под влиянием геомагнитного поля, приводящего к наклону слоистости относительно горизонтальной плоскости, стеклянные трубки были повернуты на 180° вокруг вертикальной оси. Таким образом в опыте изменяли направление действия лабораторного (в опыте — геомагнитного) поля. Как видно (рис. 3), азимут слоистости, возникшей после изменения направления поля, изменялся на 180° . Чтобы окончательно убедиться, что направление слоистости относительно горизонтальной плоскости является следствием влияния магнитного поля, аналогичные опыты по переосаждению проводили в стеклянных сосудах, экранированных пермалловыми экранами. Как видно на рис. 3, в, при экранировании все слои расположены горизонтально, т. е. частицы осаждаются под действием силы тяжести, без «направляющего» эффекта магнитного поля. Здесь уместно отметить результаты опытов А. Я. Власова и Г. В. Коваленко (4) при изучении анизотропии искусственных осадков и осадочных пород, установивших, что частицы своими длинными осями выровнены преимущественно в направлении магнитного поля, действовавшего в процессе осадконакопления.

Таким образом, результаты переосаждения в лабораторных условиях подтверждают наши предположения о наличии в осадочных породах гравимагнитных слоев, обусловленном геомагнитным полем эпохи их осадения. Слоистость по направлению магнитного поля (магнитная слоистость) в экспериментах визуально не заметна. Эти слои могут быть выявлены путем изучения петрографических шлифов больших размеров, изготовленных перпендикулярно направлению ориентационной намагниченности пород. Предварительное изучение шлифов различных пород с помощью диапросекторов показывает наличие в ряде случаев четкой ориентации зерен по направлению первичной намагниченности.

Выявленная в породах палеомагнитная слоистость предопределяет анизотропию физических свойств среды, что в свою очередь предопределяет характер геофизических полей в пространстве. Палеомагнитная слоистость, являющаяся результатом ранее неизвестной, объективно существующей в природе закономерности формирования структуры породы в геомагнитном поле, предопределяет анизотропию физи-

ческих свойств среды, направления разрушения пород, направления максимальной проницаемости газа или жидкости, соотношения направлений осей палеоструктур и геомагнитного поля периода их заложения, ориентированность разломов и т. д. Наличие в породах палеомагнитной слонистости предопределяет и характер распределения геофизических полей на поверхности Земли, в скважинах и шахтах, что естественно требует учета с целью повышения точности и эффективности геологической интерпретации результатов многочисленных геофизических исследований.

Результаты переосаждения пород приводят к важному заключению о закономерностях пространственного распределения мощности и глинистости осадочных пород. Как отмечалось, в северном направлении магнитного поля эпохи образования осадков (при других идентичных условиях) мощность и глинистость их должна быть больше, чем в направлении юга, а в современных водных бассейнах, при прочих равных условиях, глубина в северном направлении должна быть меньше, чем в южном. Вывод о мощности осадочных пород, их глинистости и ее пространственном распределении может служить новым информативным параметром в общем комплексе геологических исследований осадочных формаций.

Ереванский
государственный
университет

Հ. Մ. ԱՎԵՅԱՆ, Գ. Գ. ՄԱՐԿՈՍՅԱՆ, Ս. Ռ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

Մագնիսական դաշտի դերը մասնիկների նստեցման ժամանակ

Հողվածում դիտարկված է հնամագնիսական շերտայնության առաջացման տեսակետը նստվածքային ապարներում և փորձնական արդյունքները ստացված լարորատոր պայմաններում կապային մասնիկների նստեցմամբ, երկրի մագնիսական դաշտի ազդեցության տակ: Ցույց է տրված, որ մասնիկները ջրային ալազանում նստեցման ժամանակ կողմնորոշվում են երկրի մագնիսական դաշտի ուղղությամբ և հետագա շարժումը ծանրության ուժի ազդեցության տակ տեղի է ունենում մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Մասնիկների կողմնորոշված շարժմամբ պայմանավորված, միներալների մասնիկները բաշխվում են ապարի մեջ օրինաչափորեն, որի հետևանքով առաջանում է աչքին անտեսանելի շերտայնություն, որը և անվանվում է հնամագնիսական շերտայնություն:

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Г. М. Авчян, Г. В. Маркосян, Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 40, № 1, с. 63—66 (1987). ² Г. М. Авчян, Г. Г. Маркосян, С. Н. Назаретян, Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 39, № 6, с. 49—54 (1986). ³ Г. М. Авчян, Т. А. Исмаил-Зиде, Г. Г. Маркосян и др., Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 10, № 4, 61—63, 1987. ⁴ А. Я. Власов, Г. В. Коваленко, в кн. Настоящее и прошлое магнитного поля Земли, Наука, М., 1985. ⁵ Палеомагнитология (А. Н. Храмов, Г. Н. Гончаров, Р. А. Комиссарова и др.). Под ред. А. Н. Храмова, Наука, Л., 1982. ⁶ А. Н. Храмов, Изв. АН СССР. Сер. физика Земли, № 1, с. 115—118, 1968. ⁷ А. Н. Храмов, Д. Е. Шолто, Палеомагнетизм. Принципы, методы и геологические приложения палеомагнитологии, Недра, Л., 1967. ⁸ А. Н. Шмелева, в кн. Палеомагнитно-стратиграфические исследования (Труды ВНИГРИ вып. 204), Л., 1963.