

دراسة التمغظ الموجه للرسوبيات الاصطناعية، وتصحيح خطأ ميله

الدكتور لؤي محمد *

(تاريخ الإيداع 6 / 2 / 2008. قُبل للنشر في 5/5/2008)

□ الملخص □

ترتكز دراسة الخواص الفيزيائية لعلوم الأرض إلى فهم طبيعة وخواص مغناطيسية الصخور (التمغظ الموجه للرسوبيات، والتمغظ الحراري للصخور النارية) لعدة أسباب منها:

(1) إن مركبة التمغظ الموجه والحراري للصخور الرسوبية والنارية، على الترتيب، تحتفظ بقيمة ثابتة باتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي، محافظة على هذا الاتجاه المكتسب ملايين السنين بعد تصلبها.

(2) تسمح لنا دراسة مغناطيسية الصخور بفهم البنية الداخلية للأرض من خلال معرفة الفلزات الموجودة في الصخور.

(3) تعتمد عملية التنقيب المغناطيسي عن الثروات المعدنية في باطن الأرض على دراسة مركبة التمغظ الموجه؛ إذ يرتبط الشواذ المغناطيسي بشكل خاص بالصخور الحاوية على بعض المواد المغناطيسية. يهدف هذا البحث إلى دراسة الخصائص الفيزيائية للتمغظ الموجه للرسوبيات الاصطناعية ذات أحواض ترسيبية كبيرة المساحة بغية تقريب الدراسة من الظروف الطبيعية لتشكل الصخور الرسوبية.

الكلمات المفتاحية: التمغظ الموجه- الصخور الرسوبية- خطأ الميل.

*مدرس - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

A Study of Guided Magnetism for Artificial Sediments and a Correction of its Declination Error

Dr. Loui Mohammed*

(Received 11 / 11 / 2008. Accepted 9/5/2008)

□ ABSTRACT □

Physical properties in geology are based on understanding the nature and characteristics of rock magnetism (guided and thermal magnetism of sedimentary and igneous rocks) for several reasons, namely:

1. The component of oriented and thermal magnetism of sedimentary and igneous rocks maintains a fixed value in the direction of the ground magnetic field.
2. A study of rock magnetism allows us to understand the internal structure of the earth by identifying the minerals present in rocks.
3. The magnetic excavation of mineral resources in the depth of earth depends on studying the component of guided magnetism, where magnetic abnormality is specially connected with rocks containing some magnetic materials.

This research aims at studying the physical properties of guided magnetism for artificial sediments whose area of sedimentary basins are so big in order to approach this study from the natural conditions responsible for forming sedimentary rocks.

Keywords: orientation magnetism, synthetic deposition, error of guided magnetism

* Assistant Professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

نعرف مركبة التمغنط الموجه للصخور (J_{ro} Orientation magnetization) بأنها ظاهرة تحدث في الصخرة نتيجة توازن العزوم المغناطيسية في الصخرة باتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي H المطبق على الصخرة في أثناء تشكلها [1]. من أهم العوامل التي تؤدي إلى حصول التمغنط الموجه هو احتواء الصخرة على مواد مغناطيسية (Magnetic materials) على شكل حبيبات أو جسيمات مغناطيسية تتراوح نسبة تركيزها في الصخرة من 0.1% حتى 10%، وأبعادها من $0.5 \mu\text{m}$ إلى $30 \mu\text{m}$ [8]. لهذه الجسيمات حساسية (طواعية) مغناطيسية كبيرة؛ أي أنها تطاوع الحقل المغناطيسي المطبق، مهما كان ضعيفا، وأتى يكون اتجاهه، وأهم المواد التي تتمتع بهذه الخاصية هي المواد الحديدية التمغنط (Ferromagnetism)، ويعد أكسيد الحديد المغناطيسي (Fe_3O_4 Magnetit) أو Fe_2O_3 (Hematit) أكثر انتشارا في الصخور [8,1].

تم دراسة ظاهرة التمغنط الموجه، والشروط الفيزيائية لتشكل هذه الظاهر من قبل مجموعة من العلماء. درس العالم جونسون (Johnson) مع معاونيه عام 1948 التمغنط الموجه J_{ro} للصخور، وعلاقتها بأهم الظروف الفيزيائية المؤثرة في تمغنط الصخرة، وتوصل إلى استنتاج الحقائق الآتية [1]:

1. يتناسب التمغنط الموجه J_{ro} طردا مع قيمة الحقل المغناطيسي (Magnetic field) المطبق، حتى تصل إلى قيمة معينة، وبعدها تميل قيمة J_{ro} إلى حد الإشباع.

2. يتناسب التمغنط الموجه J_{ro} طردا مع تركيز الجسيمات المغناطيسية المحتواة في الصخرة.

بعد دراسة جونسون، درست ظاهرة التمغنط الموجه J_{ro} من قبل العالم الياباني ناغاتا Nagata عام 1965؛ إذ درس مجموعة من الجسيمات المغناطيسية الكروية المتجانسة، والتمغنطية بشكل حراري (Thermal magnetization)، والمتمتعة بعزوم مغناطيسية m_i . استنتج ناغاتا أنه في البداية يكون توجه العزوم المغناطيسية لهذه الجسيمات بشكل عشوائي، وبعد ذلك تتوازن هذه العزوم تحت تأثير الحقل المغناطيسي المطبق، وبسبب وجود قوى لزوجة في وسط الترسيب، تنتهي عملية توجه العزوم المغناطيسية m_i باتجاه الحقل المغناطيسي المطبق H في اللحظة الزمنية t ؛ لحظة سقوط جميع الجسيمات المغناطيسية إلى قاع وسط الترسيب [7].

في عام 1968 بين العالم خراموف Khramov مع معاونيه في أثناء دراسته ظاهرة التمغنط الموجه أن العامل الأساسي الذي يقاوم توازن العزوم المغناطيسية للجسيمات المغناطيسية باتجاه الحقل المغناطيسي هو الحركة البراونية الحرارية لهذه الجسيمات أثناء الترسيب، لذلك كان لا بد من الأخذ بالحسبان الطاقة الحرارية في أثناء دراسته [7,4,3]. النموذج الهام والأبرز في هذا المجال كان نموذج Belacone-Shashkanov في الثمانينات من القرن الماضي أو ما يسمى نظرية الكلاستر (theory of cluster) حيث بين العالمان Belacone-Shashkanov أن العامل الأساسي الذي يقاوم توجه العزوم المغناطيسية باتجاه الحقل المغناطيسي المطبق هو حقل التأثير المتبادل بين الجسيمات المغناطيسية المترسبة، وقد عرف شاشكانوف الكلاستر بأنه مجموعة من الجسيمات المغناطيسية تتحد مع بعضها بعضاً بواسطة حقول ذات تأثير متبادل تكون منسجمة فيما بينها [4].

نسمى التمغنط الموجه J_{ro} للصخور، الذي يطابق اتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي المطبق H ، التمغنط الأولي (Primary magnetization)، ويعطي هذا التمغنط معلومات دقيقة حول توجه الحقل المغناطيسي في ذلك الوقت، وتعد هذه المعلومات أساسا لعلم الباليومغناطيسية (Paleomagnetism) [8].

يحدث التمغنط الأولي في الأوساط المثالية التجانس، إلا أنه في الشروط الطبيعية لدراسة الحقل المغناطيسي الأرضي، من الصعب تحقيقه؛ إذ غالباً ما يحدث في الشروط الطبيعية عدم انطباق بين اتجاه مركبة التمغنط الموجه للصخور في أثناء تشكلها مع اتجاه الحقل المغناطيسي المطبق، وغالباً ما يحدث أيضاً انخفاض زاوية ميل مركبة التمغنط الموجه j_0 (Inclination) بالنسبة إلى زاوية ميل مركبة الحقل المغناطيسي الأرضي المطبق على الصخرة j ؛ إذ يتراوح الفرق بين زاوية ميل j_0 المركبة J_{ro} ، وزاوية ميل الحقل المغناطيسي j بين 5° و 30° . تسمى هذه الظاهرة بخطأ الميل (Error of Inclination) لمركبة التمغنط الموجه، ونرمز لها بالرمز δ_j ، وتعطى بالعلاقة الآتية [1]:

$$\delta_j = j - j_0 \quad (1)$$

كما تعطى العلاقة بين زاوية ميل التمغنط الموجه j_0 وزاوية ميل الحقل المغناطيسي الأرضي [1] بالشكل الآتي:

$$\text{tg } j_0 = f \text{ tg } j \quad (2)$$

إذ يمثل f ثابتاً، يتعلق بأشكال الجسيمات المغناطيسية المحتواة في الصخرة، وتتراوح قيمته بين 0.4 و 0.9. من العلاقتين (1) و (2) نجد أن:

$$\delta = \arcsin\left(\frac{1-f}{f}\right) \cos j \sin j_0 \quad (3)$$

في حالة التمغنط الأولي، عندما يكون اتجاه التمغنط الموجه J_{ro} منطبقاً على اتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي، يكون لدينا $j = j_0$ ؛ أي أن خطأ الميل δ_j يكون مساوياً للصفر، انظر العلاقة (1). إذن لا تكون ظاهرة خطأ الميل مرتبطة بالتمغنط الأولي، وإنما يكون مرتبطاً بما يسمى التمغنط الثانوي (Secondary magnetization)؛ ويظهر هذا التمغنط بعد تشكل الصخرة نتيجة لعمليات فيزيائية وكيميائية، تحدث في الصخرة، وفي محيطها، ومن أهم مصادر التمغنط الثانوي [8]، نذكر:

1. تأثير حقل مغناطيسي جديد، قد يكون مرتبطاً بوجود بعض الفلزات المغناطيسية في محيط الصخرة (أو جوارها).
 2. وجود تمغنط انضغاطي ناتج من تعرض الصخرة لعملية ضغط ميكانيكي معين (هزة أرضية مثلاً) بوجود حقل مغناطيسي خارجي.
 3. حدوث تمغنط كيميائي (Chemistry magnetization) إضافي ناشئ عن التفاعلات الكيميائية، التي قد تحول بعض الفلزات المغناطيسية من شكل إلى شكل آخر بوجود وسط رطب.
 4. تأثير الصواعق التي قد تضرب الصخور السطحية، وتكسبها مغناطيسية جديدة.
 5. بعض عمليات التحول الخفيفة للصخور، التي تدخل مركبات مغناطيسية جديدة.
- إضافة إلى مجموعة العوامل التي تقاوم توجه العزوم المغناطيسية باتجاه الحقل المغناطيسي المطبق أثناء تشكل الصخرة.

لا يعطي وجود التمعنط الثانوي الاتجاه الصحيح للحقل المغناطيسي المطبق، وهذا ما حرص علماء الباليومغناطيسية إلى دراسة ظاهرة خطأ الميل وبشكل دقيق. إن أول من درس مركبات التمعنط الموجه للصخور، وظاهرة خطأ الميل لمركبة التمعنط الموجه للصخور العالم كينغ King؛ إذ فرض أن مركبة التمعنط الموجه تتألف من مركبتين؛ إحداهما لا تحوي خطأ ميل، والثانية المسببة لظهور خطأ الميل، وتتوضع بشكل أفقي فقط [7,3]. شرح كينغ هذه الفرضية على النحو الآتي:

عند انتهاء عملية الترسيب تتوضع بعض الجسيمات المغناطيسية، الموجودة على شكل إهليلجي (مفلطح)، بشكل أفقي (مستو) فقط، وهذا يؤدي إلى عدم التطابق مع اتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي، ونتيجة لذلك يظهر خطأ الميل في مركبة التمعنط الموجه J_{ro} ؛ أي باختصار افترض كينغ أن ظهور خطأ الميل δ_j لمركبة التمعنط الموجه J_{ro} ناتج عن ما يسمى أنيزوتروبية (عدم التماثل) الجسيمات المغناطيسية المحتواة في الصخرة، ولذلك كان لا بد من إدخال معامل الأنيزوتروبية (عدم التماثل) (Anisotropy Index)، الذي يعطى بالعلاقة $p_d = J_{ro}^x / J_{ro}^z$ ؛ إذ تمثل J_{ro}^z و J_{ro}^x قيمة متجهة التمعنط الموجه وفق المحورين x و z على الترتيب، وبعد ذلك يمكن إيجاد العلاقة بين زاوية الميل j_0 للتمعنط الموجه J_{ro} وزاوية الميل j للحقل المغناطيسي الأرضي من خلال المعامل p_d [4] على النحو الآتي:

$$\text{ctg } j_0 = p_d (\text{ctg } j + 1) - 1 \quad (4)$$

وطرح بعد ذلك العالم بيلوكون سبب ظهور خطأ الميل على النحو الآتي: يتوضع حقل التأثير المتبادل بين الجسيمات المغناطيسية في الرسوبيات، والتي تشكل الصخور الرسوبية الطبيعية أو الرسوبيات الاصطناعية، بشكل غير متجانس خلال مرحلة الترسيب؛ أي ظهور ما يسمى الأنيزوتروبية (عدم التماثل) المغناطيسية للرسوبيات [3]. أما العالم شاشكانوف فقد فسّر ظهور خطأ الميل من وجهة نظرية الكلاستر كما يأتي: يمكن تقسيم مركبة التمعنط الموجه J_{ro} إلى مركبتين، وعملية الترسيب إلى مرحلتين: تسمى المرحلة الأولى مرحلة الترسيب، ويرمز لها بالرمز DRM ويرمز للتمعنط المكتسب خلال هذه المرحلة بالرمز \vec{J}_{rd} (Remnant deposition)، أما المرحلة الثانية فتسمى مرحلة ما بعد الترسيب، ويرمز لها بالرمز PDRM، ويرمز للتمعنط المكتسب خلال هذه المرحلة بالرمز \vec{J}_{rpd} .

خلال مرحلة الترسيب DRM يحصل تناقص في حجم الرسوبيات مع الزمن حتى تصل إلى مرحلة الثبات في حجم الرسوبيات، وهنا تبدأ مرحلة ما بعد الترسيب PDRM؛ أي أن مرحلة ما بعد الترسيب يبقى فيها حجم الرسوبيات ثابتاً مع الزمن. تم التحقق تجريبياً من أن التمعنط الموجه \vec{J}_{ro} يساوي المجموع الشعاعي للتمعنط المكتسب خلال المرحلتين [7,4]، أي أن:

$$\vec{J}_{ro} = \vec{J}_{rd} + \vec{J}_{rpd} \quad (5)$$

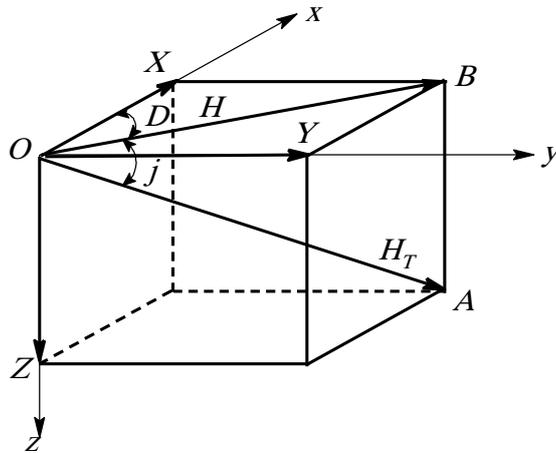
شرح شاشكانوف ومعاونيه سبب ظهور خطأ الميل كما يأتي: في مرحلة الترسيب يكون الكلاستر بشكل كروي، أي لا يحوي خطأ ميل، أما في مرحلة ما بعد الترسيب، فيحدث انضغاط للكلاستر، ويتحول إلى شكل إهليلجي، وينتج عن ذلك ما يسمى أنيزوتروبية (عدم التماثل) الكلاستر.

بعد اكتشاف ظاهرة خطأ الميل، سعى علماء الباليومغناطيسية إلى تصحيح هذا الخطأ من أجل إعطاء معلومات هامة ودقيقة حول اتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي بالاعتماد على دراسة مغناطيسية الصخور، وحتى الآن لم يتم تصحيح هذا الخطأ بشكل دقيق، وذلك بسبب الظروف الصعبة التي اعتمدها التجارب. لذلك كان لا بد من إيجاد ظروف أقل صعوبة، ومناسبة لهذه الدراسة.

هدف البحث وأهميته:

يرتكز البحث على إيجاد طريقة جديدة لدراسة بعض الخواص الفيزيائية المغناطيسية للصخور مخبرياً، وذلك بسبب صعوبة جمع عينات طبيعية من أماكن مختلفة من القشرة الأرضية. تعتمد هذه الطريقة على دراسة رسوبيات اصطناعية ذات أحواض ترسيب كبيرة مطابقة للظروف الطبيعية بشكل كبير من حيث تركيز الجسيمات المغناطيسية في هذه الرسوبيات، وتأثر هذه الرسوبيات بالحقل المغناطيسي المطبق. ويدرس بعد ذلك التمغنط الموجه، وتوزع مركبات هذا التمغنط ضمن هذه الأحواض الترسيبية الكبيرة، ويدرس كذلك تصحيح خطأ الميل الناتج ضمن الرسوبيات بالنسبة إلى مركبة التمغنط الموجه، وتعميمه على الصخور الرسوبية الطبيعية. ولتوضيح الطريقة المعتمدة في البحث لا بد من استعراض عناصر الحقل المغناطيسي الأرضي كأساس في هذه الدراسة

لمعرفة خواص الحقل المغناطيسي الأرضي، كبقية الحقول، يجب معرفة شدته، ومركباته. من أجل تحليل مركبات الحقل المغناطيسي الأرضي نأخذ جملة إحداثيات متعامدة (x, y, z) ، كما هو موضح في الشكل 1. نأخذ المحور OX باتجاه الشمال الجغرافي، و OY باتجاه الشرق، والمحور OZ المحور الشاقولي. نأخذ مبدأ الإحداثيات في مكان دراسة \vec{H}_T الحقل المغناطيسي الأرضي، إذ إن المتجه \vec{H}_T يعبر عن شدة الحقل المغناطيسي الأرضي الكلي (SGF)، ويعبر عنه بالمتجه \vec{OA} ، ويسمى مسقط هذا المتجه على المحور x المركبة الشمالية (North component)، في حين يسمى مسقط \vec{OA} على المحور y المركبة الشرقية (East component)، أما مسقط \vec{OA} على المحور z فيسمى المركبة الشاقولية (Vertical component) للحقل.



الشكل 1: عناصر الحقل المغناطيسي الأرضي.

نسمي مسقط \vec{OA} على المستوي الأفقي المركبة الأفقية (Horizontal component) للحقل H ، في حين نسمي المستوي ZOB مستوي الميريديان (الزوال) المغناطيسي (The magnetic Meridian Plane)، ونسمي الزاوية بين مستوي الميريديان (الزوال) المغناطيسي والمركبة الشمالية، أي $X\hat{O}B$ ، زاوية الانحراف المغناطيسي D (Declination)، كما نسمي الزاوية الكائنة بين المستوي الأفقي والمركبة الكلية للحقل، أي $A\hat{O}B$ ، زاوية الميل المغناطيسي j (Inclination).

من الواضح، وفق الشكل 1 أن القيمة الموجبة للانحراف المغناطيسي D تكون باتجاه الشرق، وسالبة باتجاه الغرب، كما أن زاوية الميل المغناطيسي j تكون موجبة عندما تكون \vec{H}_T موجهة إلى الأسفل بالنسبة إلى سطح الأرض كما هو الحال في نصف الكرة الجنوبي، وسالبة عندما تكون \vec{H}_T موجهة إلى الأعلى كما هو الحال في نصف الكرة الشمالي. تمثل زاوية الانحراف D ، وزاوية الميل j ، والمركبة الأفقية H ، والمركبة الشاقولية Z ، والمركبة الشمالية X ، والمركبة الشرقية Y عناصر الحقل المغناطيسي الأرضي (Elements of the geometric field). ويمكن ربط هذه العناصر بعضها ببعض كما يلي [9,1]:

$$\begin{aligned} X &= H \cos D, & Y &= H \sin D, & Z &= H \operatorname{tg} j \\ H^2 &= X^2 + Y^2, & H_T^2 &= H^2 + Z^2, & \operatorname{tg} D &= \frac{X}{Y} \\ H_T &= H \sin j = Z \operatorname{cosec} j \end{aligned}$$

طريقة البحث والمواد المستخدمة:

عند الدراسة التحليلية لمركبة التمثغظ الموجه يجب دراسة جميع العوامل التي تؤثر في هذه المركبة. ما الشروط المتعلقة بالرسوبيات؟ وما العوامل التي تؤدي إلى انخفاض زاوية ميل مركبة التمثغظ j_0 بالنسبة إلى زاوية ميل الحقل المغناطيسي المطبق j ؟ وكيف يمكن تصحيح هذا الخطأ؟ وغير ذلك من العوامل والعقبات التي تقف عثرة أمام علماء الباليومغناطيسية في تحديد اتجاه الحقل المغناطيسي الأرضي. لذلك كان لا بد من البحث عن طريقة جديدة تساعد في حل كثير من هذه المعضلات، وهي دراسة مغناطيسية الصخور بشكل عام، والصخور الرسوبية بشكل خاص، وذلك لأن الصخور الرسوبية تحتفظ بالتمثغظ الموجه مدة زمنية طويلة أثناء تشكلها، تصل لعشرات الملايين من السنين. وتعتمد الطريقة الجديدة على دراسة الرسوبيات في المخبر، وذلك بسبب صعوبة جمع العينات (الصخور) من أماكن مختلفة من الأرض. تتم هذه الدراسة في أحواض ترسيبية كبيرة، أي مساحة قاعدتها كبيرة، بغية تقريب الشروط المخبرية من الشروط الطبيعية. إن هذه الأحواض مصنوعة من مواد بلاستيكية مضغوطة شفافة، هي مواد غير مغناطيسية، مساحة قاعدتها $25 \times 25 \text{ cm}^2$. أما المواد المستخدمة فهي إما من خليط من مواد الصلصال، ومسحوق الطباشير الذي ينفصل عن الماء بشكل تدريجي، وينسب مدروسة من تركيز المواد المغناطيسية بحدود 0.5%، ونسميه نموذج -1-، أو إعادة ترسيب صخور رسوبية طبيعية، ثم جمعها من الطبيعية "النموذج -2-"، وتبلغ أبعاد الجسيمات المغناطيسية بحدود $30 \mu\text{m}$. في الشروط المخبرية عادة نستخدم النموذج رقم -1-.

طريقة تحضير الرسوبيات الاصطناعية:

يتم تحضير الرسوبيات الاصطناعية (Synthetical deposition) باختصار كما يأتي: نأخذ وزنة قدرها 3 kg إلى 3.5 kg من الصلصال، ومسحوق الطباشير غير المغناطيسي، ثم يضاف إليها 0.5% من جسيمات مغناطيسية من مادة Fe_3O_4 ، أو من 3 g إلى 4 g من F_3O_4 ، في 1 kg من مادة الصلصال ومسحوق الطباشير. تبلغ أبعاد الجسيمات المغناطيسية المدروسة نحو $30 \mu m$.

تمزج الكمية السابقة (3-3.5 kg) بكمية من الماء قدرها 6-8 letter بشكل متجانس، وتصب دفعة واحدة في حوض الترسيب الموصوف سابقاً. يوضع حوض الترسيب في الفراغ (الخلاء) ضمن وشائع خاصة لدراسة الحقل المغناطيسي الأرضي، تسمى وشائع فانزويلا Fanzulaw، وهي عبارة عن ست وشائع، يكون كل اثنين منها متعامدين مثلي مثلي، وتشمل مركبة من مركبات الحقل المغناطيسي الأرضي، أي X، Y، Z. يوضع بعد ذلك حوض الترسيب المملوء برسوبيات النموذج -1-، بحيث يكون طول القاعدة X متوجهاً باتجاه المركبة الشمالية للحقل المغناطيسي الأرضي OX. يجب أن نذكر أنه قبل صب الخليط من رسوبيات النموذج -1- توضع في أسفل الحوض مادة غير متمغنطة، تغطي كامل القاعدة (مادة الحوض نفسها أو أي معدن غير متمغنط)، مربوطة بخيط متين غير قابل للامتطاط. بعد يوم أو يومين من صب المزيج، يظهر الحد الفاصل بين الماء والمادة الرسوبية المراد دراستها، ويزداد هذا الحد الفاصل يوماً بعد يوم بشكل بطيء. لكي يظهر الحد الفاصل بشكل واضح في هذه المرحلة، نضيف كمية من الأوراق الماصة للماء، وذلك لكي يأخذ سطح هذه الرسوبيات شكلاً مستويًا تمامًا، خالياً من التشوهات أو ما يشابه الطيات والفوالق.

عندما تأخذ الرسوبيات الحجم القريب من الشكل النهائي، نضيف طبقة من الرمل، سماكتها بحدود 3 cm، ونبدأ بسحب الماء من الحوض، ثم نضيف كمية من الأوراق الماصة للماء، ونضيف طبقة الرمل سماكتها بحدود 5 cm، ثم نسحب الماء بشكل كامل، ثم نضيف على سطح الرسوبيات المشكلة صفيحة مستوية مصقولة تماماً من مادة غير متمغنطة، وفوق هذه الصفيحة نضيف ثقلاً من مادة غير متمغنطة، كتلتها نحو 25 kg، ونتركها فترة من الزمن تحت تأثير هذا الثقل حتى تأخذ الرسوبيات شكلها النهائي، بعد ذلك نسحب الرسوبيات من الحوض بوساطة الخيط المتين، ونتركها خارج الحوض تحت تأثير الثقل المطبق حتى تجف بشكل كامل، وضمن الوشائع السابقة، تحت تأثير الحقل المدروس، وحسب المسألة المدروسة. بعد انتهاء العملية، والحصول على رسوبيات جافة بشكل كامل، تقطع إلى عينات مكعبة الشكل، طول ضلعها نحو 3 cm (وهي سماكة الرسوبيات الجافة نفسها)؛ إذ يكون عدد العينات الكلي في الرسوبيات من 30 حتى 40 عينة مكعبة الشكل، يتم تحديد اتجاه التمغنط في العينة؛ إذ إن المحور OX أو المركبة الشمالية باتجاه طول سطح القاعدة (حسب المسألة المدروسة)، والمركبة OY أو عرض سطح القاعدة باتجاه الشرق والمحور OZ أو المركبة الشاقولية باتجاه الأسفل أو عمودي على مستوي توضع الرسوبيات. نرسم لمركبات التمغنط وفق المحاور X، Y، و Z بـ J_{ro}^X ، J_{ro}^Y ، و J_{ro}^Z على الترتيب. ثم تقاس العينات بوساطة مقياس المغناطيسية Magnetometer، نموذج يانوفسكي Yanovsky، بحساسية قدرها $0.12 \gamma /$ درجة، أو بوساطة مقياس المغناطيسية أيون -1- (Ion -1-)، بحساسية قدرها $3 \times 10^{-6} \gamma /$ درجة، بخطأ لا يتجاوز 1% إلى 2%.

النتائج التجريبية:

تمت دراسة الرسوبيات الاصطناعية، أولاً، على النموذج -1- في الحقل المغناطيسي الأرضي - الحقل المخبري - شدته $0.5 \text{ Oe} \approx 40 \text{ A/m}$ ؛ إذ إن $1.0 \text{ Oe} \approx 79.6 \text{ A/m}$ ، وزاوية ميل $j = 73^\circ$. تم تحضير الرسوبيات كما شرحنا سابقاً.

يبين الجدول 1 توزيع قيم مركبات التمغنط الموجه وفق المحاور الثلاثية X، Y، Z، أي قيم J_{ro}^X ، و J_{ro}^Y ، و J_{ro}^Z لهذه الرسوبيات حسب توضعها في حوض الترسيب، وحسب اتجاه الحقل المغناطيسي المطبق.

الجدول 1: توزيع قيم مركبات التمغنط الموجه وفق المحاور الثلاثة X، Y، و Z في الحقل المغناطيسي الأرضي، شدته 0.5 Oe.

X = 890	1	X = 1001	2	X = 883	3	X = 816	4	X = 769	5
Y = -188		Y = -143		Y = -247		Y = 16		Y = 317	
Z = 969		Z = 937		Z = 890		Z = 896		Z = 937	
X = 951	6	X = 870	7	X = 653	8	X = 770	9	X = 876	10
Y = -98		Y = -20		Y = 6		Y = 93		Y = 243	
Z = 949		Z = 874		Z = 985		Z = 995		Z = 906	
X = 572	11	X = 725	12	X = 659	13	X = 655	14	X = 462	15
Y = -145		Y = -204		Y = 31		Y = 107		Y = 122	
Z = 974		Z = 969		Z = 903		Z = 1004		Z = 895	
X = 760	16	X = 580	17	X = 585	18	X = 743	19	X = 621	20
Y = -116		Y = -103		Y = 68		Y = 168		Y = 261	
Z = 996		Z = 922		Z = 872		Z = 1020		Z = 965	
X = 540	21	X = 488	22	X = 624	23	X = 487	24	X = 658	25
Y = -104		Y = -42		Y = -47		Y = 257		Y = 324	
Z = 1000		Z = 968		Z = 898		Z = 934		Z = 850	
X = 543	26	X = 428	27	X = 370	28	X = 571	29	X = 450	30
Y = -320		Y = -142		Y = 17		Y = 219		Y = 419	
Z = 1010		Z = 892		Z = 962		Z = 961		Z = 981	

$H_{hor.}$

كما نرى من توضع مركبات التمغنط ضمن الرسوبيات، نستنتج الحقائق الآتية:

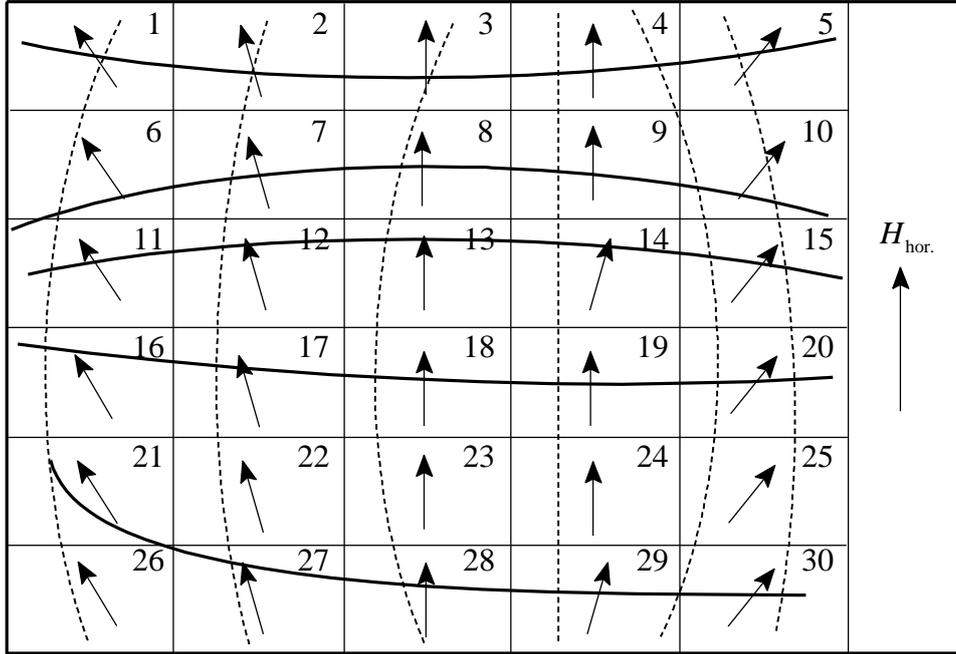
1. التمغنط الموجه للرسوبيات J_{ro} غير متجانس؛ لا بالقيمة ولا بالاتجاه على سطح كل الرسوبيات.
2. توجد المركبة J_{ro}^Y في جميع عينات الرسوبيات، على الرغم من أنها عمودية، على مستوى الميرديان (الزوال) المغناطيسي.

3. تغير المتجهة J_{ro}^Y من اليسار إلى اليمين تغيراً منتظماً؛ إذ تكون إشارة J_{ro}^Y متعكسة بالاتجاه في جوار جدران الوعاء في جهة اليمين واليسار.

4. تغير المركبات J_{ro}^X و J_{ro}^Y ضمن كل سطر وعمود، في الجدول 1، تغيراً غير متجانس.

تكون الصورة أكثر وضوحاً إذا وضعنا مكان الأرقام أسهماً متجهة مكان أرقام المتجهات بالنسبة إلى اتجاه الحقل المغناطيسي المطبق كما في الشكل 2؛ إذ أخذنا المركبة J_{ro}^{XY} في هذا الشكل، ويمكن أخذ بقية المركبات J_{ro}^{YZ} و J_{ro}^{XZ} من مركبات التمغنط الموجه J_{ro} . وكما نلاحظ من الشكل 3 أن مركبة التمغنط J_{ro}^{XY} تدور بجانب جدران الوعاء بزوايا مختلفة عن زاوية تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي، والذي كان موازياً تماماً للمركبة OX، وهذه الزوايا كما هو ملاحظ أقل انحرافاً من أجل العينات الداخلية البعيدة عن جدران الوعاء، وأكبر نسبياً للعينات المجاورة للجدران. يمكن إظهار عد التجانس هذا بإنشاء خرائط مغناطيسية لتوزيع مركبات التمغنط بالنسبة للعينات في كامل الرسوبيات.

يوضح الشكل 2 الخريطة المغناطيسية للمركبات X و Y، إذ إن المركبة X هو الخط المتصل الأفقي، والمركبة Y الخط المتقطع العمودي.



الشكل 2: خريطة مغناطيسية توضح توزيع المركبات الأفقية J_{ro}^{XY} .

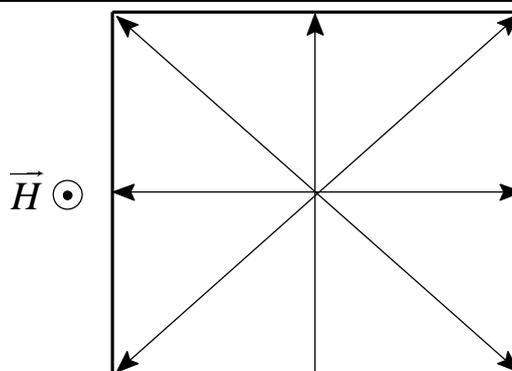
كما هو واضح من الخريطة المغناطيسية عدم تجانس توزيع المركبة J_{ro} في الرسوبيات، وهذا بدوره يؤدي إلى عدم تجانس بالنسبة إلى زاوية الميل j_0 لمركبة التمغنط الموجه J_{ro} ، وعدم تجانس أيضا بالنسبة لزاوية الانحراف D ، وهذا كان غير متوقع. وهذا ما أدى إلى ظهور عدة تساؤلات، منها: هل هذه الظاهرة مرتبطة بشروط الترسيب؟ أم هل هذه الظاهرة سببها ظهور مركبات إضافية تضاف إلى المركبة الأساسية للتمغنط الموجه، المؤدية إلى ظهور خطأ الميل δ_j لهذه المركبة؟ ما سبب دوران المركبة الأفقية بزوايا مختلفة بجانب جدران حوض الترسيب؟ وما سبب ظهور المركبة الشرقية OY؟ وهذا كان غير متوقع.

من أجل الإجابة على هذه الأسئلة تم اختيار شروط جديدة للترسيب ضمن حقول مغناطيسية مختلفة الاتجاه؛ إذ تم أولاً دراسة سبب ظهور المركبة OY، ومن أجل ذلك تم دراسة الرسوبيات المحضرة بالطريقة الموصوفة تحت تأثير حقل مغناطيسي عمودي تاماً؛ أي تم حذف المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي، وهذا يتحقق ضمن وشائع فانزيلاو، بحذف المركبتين X و Y، ويكون التأثير فقط للمركبة الشاقولية Z في الرسوبيات؛ أي أن الحقل المغناطيسي الأرضي يبقى نفسه مع إزالة المركبة الأفقية $H = 0.54 \text{ Oe}$ ، و $j = 90^\circ$. وتجدر الإشارة إلى أن الأوربستيد (Oe) يساوي 79.6 A/m بالجملة الدولية.

يبين الجدول 2 توزيع مركبات التمغنط الموجه J_{ro} للنموذج -1- من الرسوبيات، في الحقل المغناطيسي الأرضي مع إزالة المركبة الأفقية. من المتوقع أن لا يظهر أي قيمة للمركبة الأفقية في أي جزء من أجزاء الرسوبيات. واضح من الجدول 2 أن المركبة الأفقية ليس فقط موجودة، وإنما متوضعة بشكل متجانس في كافة أنحاء الرسوبيات. يمكن تمثيل ذلك في الشكل 3؛ إذ يكون اتجاه \vec{H} عمودياً على مستوي الورقة باتجاه الداخل. كما هو واضح من الشكل 3 تأثير جدران وعاء الترسيب في توزيع المركبة الأفقية لمركبة التمغنط الموجه.

الجدول 2: توزيع مركبات التمغنط الموجه J_{ro} للنموذج -1 من الرسوبيات، في الحقل المغناطيسي الأرضي مع إزالة المركبة الأفقية (أي حقل مغناطيسي أرضي عمودي؛ $j = 90^\circ$).

X = 61 Y = -442 Z = 975	1	X = 524 Y = -155 Z = 891	2	X = 486 Y = 32 Z = 882	3	X = 486 Y = 32 Z = 882	4	X = 529 Y = 406 Z = 860	5
X = 315 Y = -371 Z = 1019	6	X = 359 Y = -178 Z = 835	7	X = 247 Y = -43 Z = 874	8	X = 326 Y = 208 Z = 813	9	X = 350 Y = 401 Z = 1013	10
X = 144 Y = -441 Z = 1011	11	X = 194 Y = -242 Z = 994	12	X = 197 Y = 15 Z = 777	13	X = 170 Y = 156 Z = 974	14	X = 171 Y = 355 Z = 940	15
X = 27 Y = -429 Z = 1037	16	X = 29 Y = -227 Z = 971	17	X = -42 Y = -28 Z = 1017	18	X = 14 Y = 177 Z = 1049	19	X = -8 Y = 379 Z = 914	20
X = -198 Y = -384 Z = 943	21	X = -136 Y = 175 Z = 985	22	X = -218 Y = 34 Z = 1062	23	X = -253 Y = 243 Z = 1019	24	X = -187 Y = 452 Z = 880	25
X = -369 Y = -391 Z = 1065	26	X = -301 Y = -200 Z = 1001	27	X = -394 Y = -9 Z = 983	28	X = -187 Y = 182 Z = 808	29	X = -366 Y = 37 Z = 814	30
X = 32 Y = -607 Z = 868	31	X = -466 Y = -176 Z = 871	32	X = -570 Y = 27 Z = 861	33	X = -454 Y = 230 Z = 857	34	X = -545 Y = 433 Z = 940	35



الشكل 3: توزيع المركبات الأفقية للحقل المغناطيسي، إذ إن \vec{H} عمودي على مستوي الورقة.

من خلال الجدولين 1 و 2، والشكلين 2 و 3 يبرز السؤال الآتي: هل هناك حقل مغناطيسي يوجه مركبات التمغنط الموجه؟ وما هو منشأه؟ من أجل هذا التصحيح قمنا بدراسة رسوبيات في حقل مغناطيسي معدوم؛ أي وضع وعاء الترسيب ضمن وشائع فانزيلو مع إزالة جميع مركبات الحقل المغناطيسي الأرضي، بحيث لا يحوي الفراغ المحيط بالرسوبيات ضمن وشائع فانزيلو أي حقل مغناطيسي؛ أي أن $H = 0.00\text{Oe}$.
يبين الجدول 3 توزيع مركبات التمغنط J_{ro}^X ، و J_{ro}^Y ، و J_{ro}^Z في حوض الترسيب. كما هو واضح من الشكل أن مركبات التمغنط صغيرة جداً، وإذا وجدت فهي مرتبطة بوجود بعض المركبات الصغيرة جداً لمركبات الحقل

المغناطيسي الأرضي، خاصة وفق المركبة J_{ro}^Z ، ولكن ضمن حدود الخطأ المرتكب، وظهر هذا أيضا عند دراسة الرسوبيات نفسها من النموذج -2-. إذن تأثير جدران الوعاء في حالتنا هذه، أي عندما $H = 0.00\text{Oe}$ ، لا يظهر أي تأثير كما هو الحال في الرسوبيات السابقة.

الجدول 3: توزيع مركبات التمغظ الموجه J_{ro} للنموذج -1- من الرسوبيات، في حقل مغناطيسي معدوم الشدة.

X = 0.028 Y = -0.010 Z = 0.204	1	X = -0.019 Y = -0.043 Z = 0.203	2	X = -0.063 Y = -0.050 Z = 0.169	3	X = -0.024 Y = -0.097 Z = 0.238	4	X = 0.017 Y = 0.008 Z = 0.194	5
X = 0.028 Y = -0.057 Z = 0.157	6	X = -0.033 Y = -0.083 Z = 0.135	7	X = 0.019 Y = 0.066 Z = 0.176	8	X = 0.006 Y = 0.002 Z = 0.190	9	X = -0.057 Y = -0.019 Z = 0.162	10
X = -0.450 Y = 0.071 Z = 0.158	11	X = 0.002 Y = -0.066 Z = 0.217	12	X = 0.039 Y = -0.022 Z = 0.177	13	X = 0.030 Y = -0.015 Z = 0.107	14	X = -0.050 Y = 0.019 Z = 0.110	15
X = -0.002 Y = -0.059 Z = 0.181	16	X = 0.034 Y = -0.015 Z = 0.127	17	X = 0.014 Y = 0.027 Z = 0.109	18	X = -0.024 Y = -0.086 Z = 0.245	19	X = 0.019 Y = -0.069 Z = 0.214	20

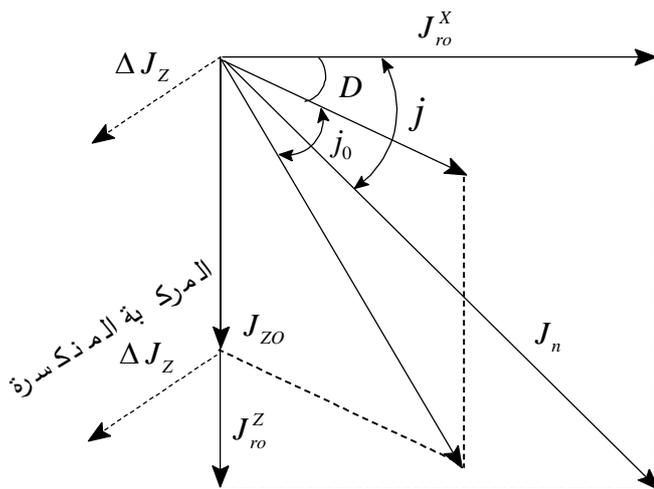
مناقشة النتائج التجريبية:

من خلال النتائج التجريبية، والعودة إلى النماذج الحديثة، التي تصف لنا خطأ الميل، وأسباب ظهورها كنموذج كينغ، ونظرية الكلاستر، وغيرهما، لنبحث عن سبب ظهور المركبة الأفقية في الحقل المغناطيسي العمودي تماما، والمركبة Y في الحقول المغناطيسية المائلة (الحقل المغناطيسي الأرضي مثلا)، وما سبب دورانها بزوايا مختلفة بجانب جدران حوض الترسيب، وكذلك ظهور خطأ الميل δ_j للتمغظ الموجه.

للإجابة على هذه الأسئلة نعود إلى نظرية الكلاستر التي تنص على أن سبب ظهور خطأ الميل يعود إلى انضغاط الكلاستر في مرحلة ما بعد الترسيب PDRM، وتحول الكلاستر من الشكل الكروي في مرحلة الترسيب إلى شكل اهليلجي في مرحلة ما بعد الترسيب. إذن، من خلال هذه الفرضية لا بد من ظهور مركبة ناتجة عن انضغاط الكلاستر. إن هذه المركبة ناتجة عن انكسار المركبة الشاقولية J_{ro}^Z ، وإنقاصها بمقدار ΔJ_Z (المركبة المنكسرة)؛ أي أن المركبة الشاقولية تصبح بعد انضغاط الكلاستر على الشكل $J_{ro}^Z - \Delta J_Z = J_{ZO}$. وكما هو واضح من الجدول 2، والشكلين 2، و 3 أن المركبة المنكسرة ΔJ_Z تتوضع في المستوي الأفقي للرسوبيات، ويتحكم بتوجيهها جدران وعاء الترسيب، الذي قد يؤدي دور حقل مغناطيسي، يؤثر في قيمة الحقل المغناطيسي المؤثر، ويتناقص تأثيره كلما ابتعدنا عن جدران الوعاء - تدل النتائج عندما توجد الرسوبيات في حقل مغناطيسي معدوم أن قيمة الحقل المغناطيسي لجدران وعاء الترسيب لا يؤثر في قيمة الحقل المغناطيسي المؤثر وشدته)، ولكن يؤثر هذا الحقل؛ أي الحقل الناتج عن جدران وعاء الترسيب، فقط نتيجة وجود حقل مغناطيسي مؤثر، ويكون سبب وجوده ناتجا عن وجود وسطين مختلفين بالنسبة إلى الرسوبيات، وإلى جدران وعاء الترسيب، أي بسبب الحد الفاصل بينهما. فالوسط الأول هو الوسط الذي يحوي الرسوبيات، والوسط الثاني هو عدم وجود الرسوبيات خارج وعاء الترسيب [6]. إذًا، تتحكم جدران وعاء الترسيب بتوزيع قيمة المركبة المنكسرة ΔJ_Z في مستوي الرسوبيات.

تصحيح خطأ الميل δ_j لمركبة التمغظ الموجه J_{ro} بالنسبة إلى زاوية ميل الحقل المغناطيسي المطبق:

بعد التأكد من ظهور خطأ الميل بوساطة ظهور المركبة الأفقية، في حقل مغناطيسي عمودي تماما على الرسوبيات، أو ظهور المركبة الشرقية Y العمودية على مستوي الميرديان (الزوال) المغناطيسي، وكان سبب ذلك انكسار المركبة الشاقولية J_{ro}^Z بمقدار ΔJ_Z ، وتوزع هذه المركبة المنكسرة في مستوي الرسوبيات بشكل تتحكم فيه جدران وعاء الترسيب، ويوضح الشكل 4 الآلية التي تحدث فيها عملية الانكسار.



الشكل 4: يوضح الآلية التي يحدث فيها عملية الانكسار للمركبة J_{ro}^Z .

والآن لنبحث عن هوية هذه المركبة المنكسرة، ليتسنى لنا تصحيح خطأ الميل الناتج عن هذه المركبة. يتضح من الشكل 4 أن أي انحراف للمركبة ΔJ_Z عن مستوي الميرديان المغناطيسي يؤدي أيضا إلى ظهور ما يسمى خطأ الانحراف المتعلق بزاوية الانحراف D .

لنعود الآن إلى الرسوبيات التي ظهر فيها δ_j ، ولتكن الرسوبيات في الحقل المغناطيسي الأرضي، الجدول 1. لنجري المناقشة الآتية: إذا فرضنا أن عدم التجانس في توزع المركبات J_{ro}^X ، J_{ro}^Y ، و J_{ro}^Z سببه انكسار المركبة الشاقولية J_{ro}^Z ، أي بسبب ظهور ΔJ_Z ، واتجاهها بحدود جدران وعاء الترسيب. وينتج عن ذلك ما يأتي: في منتصف الرسوبيات يجب أن يكون خطأ الميل أصغر ما يمكن بالنسبة لميل الحقل المغناطيسي H، وفي الحقيقة، إذا أخذنا بالحسبان أن مركبة التمغظ المتكونة قبل مرحلة ما بعد الترسيب لا تحوي خطأ الميل، أي أن:

$$\text{tg } j = \text{tg } j_0 = \frac{J_{ro}^Z}{J_{ro}^X} \quad (6)$$

وفي نهاية عملية الترسيب؛ أي مرحلة ما بعد الترسيب، تكون المركبة J_{ro}^Z قد نقصت بمقدار ΔJ_Z . إذن:

$$\text{tg } j_0 < \frac{J_{ro}^Z - \Delta J_Z}{J_{ro}^X} = \frac{J_{ro}^Z}{J_{ro}^X} - \frac{\Delta J_Z}{J_{ro}^X} = \text{tg } j - \frac{\Delta J_Z}{J_{ro}^X} < \text{tg } j \quad (7)$$

نفترض أن القيمة ΔJ_z من أجل جميع عينات الرسوبيات متقاربة بالقيمة إذا أهملنا بعض قيم التشتت للرسوبيات بالنسبة إلى المركبة J_{ro}^Z من الأعلى إلى الأسفل، عندئذ يمكن استنتاج ما يأتي:

1. في السطر الأخير (السفلي) للرسوبيات؛ أي العينات (26-30). تعد قيم المركبات J_{ro}^X أصغر القيم في الرسوبيات بالنسبة إلى X؛ أي أن $J_{ro}^X(\min) = J_{XO}$.

2. في السطر السفلي (26-30) نلاحظ أن تغير المركبة J_{ro}^Y يكون أكثر تغيراً من أي سطر في الرسوبيات، وهنا نفترض أن $J_{ro}^Y = \Delta J_z$.

3. نلاحظ تغير المركبة J_{ro}^X بين السطر العلوي والسطر السفلي، وهذا التغير ناتج عن انكسار القيمة J_{ro}^Z ، ويساوي ΔJ_z .

من خلال هذه المناقشة، والشكل 4، يمكننا حساب زاوية ميل j الحقل المغناطيسي الأرضي، الذي كان ميله في أثناء تطبيقه على الرسوبيات مساوياً 73° ، كما يأتي:

$$j = \arctg \frac{J_{ZO} + \Delta J_z}{J_{ro}^X(\min)} \quad (8)$$

لنحسب الآن قيمة زاوية الميل عددياً، بناء على المناقشة السابقة، كما يأتي:

(a) إذا أخذنا قيمة المركبة J_{ro}^Y في السطر السفلي في العينة 26، التي تساوي 320-، وقيمة المركبة J_{ro}^X نفسها في السطر نفسه للعينة 30، والتي تساوي 419، فإن تغير المركبة J_{ro}^Y يساوي:

$$\Delta J_z = \frac{419 + 320}{2} = 370$$

(b) من جهة أخرى، إن القيمة العظمى المتوسطة للمركبة J_{ro}^X في السطر العلوي تساوي 872، والقيمة الصغرى المتوسطة للمركبة نفسها J_{ro}^X في السطر السفلي تساوي 471؛ أي أن:

$$\Delta J_z = J_{ro}^X(\max) - J_{ro}^X(\min) = 872 - 471 = 400$$

إذن يكون لدينا:

$$(\Delta J_z = \frac{400 + 370}{2} = 385 \text{ وحدة اختيارية})$$

(c) إن القيمة المتوسطة للمركبة J_{ZO} بالنسبة إلى عينات السطر السفلي تساوي $J_{ZO} = 978$ (وحدة اختيارية). بالتعويض في العلاقة (8) نجد:

$$j = \arctg \frac{978 + 385}{471} = 71^\circ$$

تتطابق الزاوية الناتجة، عملياً، مع زاوية الحقل المغناطيسي الأرضي المطبق على الرسوبيات (73°).

إذن، بعد معرفة هوية المركبة المنكسرة ΔJ_z ، يمكن استنتاج الحقائق الآتية من أجل أي عينة، ولتكن i :

$$\begin{aligned} \overline{J_{ZO}} &= (J_{ZO})_i \\ \Delta J_Z &= |J_{ro}^Y|_i \\ J_{ro}^X (\min) &= (J_{ro}^X)_i \end{aligned} \quad (9)$$

تبين جميع الحسابات التي تم إجراؤها أن الخطأ المرتكب في تصحيح خطأ الميل لا يتجاوز 5% إلى 10%. يمكن تطبيق هذه المناقشة في تصحيح خطأ الميل لمركبة التمغنط الموجه من أجل جميع العينات الطبيعية من مقاطع جيولوجية مختلفة كما يأتي: عند جمع العينات بشكل كافٍ نقوم بإجراء العمليات الآتية:

1. نأخذ القيمة المتوسطة لزاوية الانحراف، ولنكن \overline{D} ، بالطريقة الباليومغناطيسية التقليدية، انظر الشكل 1.
2. نقوم بفصل العينة ذات القيمة الأكثر تشتتاً، أي D_{\max} ، عن القيمة المتوسطة \overline{D} .
3. نحسب قيم J_n ، و j_0 ، و D_{\max} لهذه العينة اللازمة لحساب J للحقل من الشكل 7 والعلاقة 8:

$$J_{ro}^X = J_n \cos D_{\max}, \Delta J_Z = J_n \sin D_{\max}, \overline{J_{ZO}} = J_n \operatorname{tg} j_0 \quad (10)$$

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال استعراض نتائج البحث يمكن الخلاصة إلى النتائج التجريبية الآتية:

1. اقترح طريقة مخبرية جديدة لدراسة التمغنط الموجه للصخور الرسوبية، وهي اختيار أحواض ترسيبية ذات مساحة كبيرة، وذلك من أجل تقريب شروط الترسيب الاصطناعي من شروط الترسيب الطبيعية لتجنب كثير من الصعوبات في جمع عينات الصخور الرسوبية من أماكن مختلفة من سطح الأرض، والقشرة الأرضية. إن هذه الطريقة تكمن بإعادة ترسيب صخور رسوبية طبيعية، ودراسة التمغنط الموجه لهذه الصخور؛ إذ إن هذه المركبة بالنسبة إلى الصخور الرسوبية شبيهة بمركبة التمغنط الحراري للصخور النارية، وكلتا المركبتين تعطي اتجاه صحيح عن الحقل المغناطيسي المطبق على هذه الصخور أثناء تشكلها، والذي يعد من المصادر الأساسية لعلم الباليومغناطيسية، أو دراسة مواد رسوبية اصطناعية، مثال على ذلك مسحوق الطباشير مع الصلصال، مع دراسة تركيز المواد المغناطيسية في هذه المواد؛ بحيث يتوافق مع تركيز المواد المغناطيسية في الصخور الطبيعية، والتي بدورها المسؤولة عن ظهور مركبة التمغنط الموجه في الرسوبيات.

2. عند دراسة التمغنط الموجه للرسوبيات في أحواض ترسيبية كبيرة تبين ما يأتي:

(a) مركبة التمغنط الموجه في الشروط المخبرية (الرسوبيات) غير متجانسة لا بالقيمة ولا بالاتجاه؛ إذ يتحدد توزع هذه المركبات للتمغنط الموجه في الرسوبيات الاصطناعية بواسطة جدران الأحواض الترسيبية، أما في الشروط الطبيعية فتحدده أماكن هذه الرسوبيات، وعلاقتها بمحيطها.

(b) من هذه الدراسة يمكن إجراء عملية مسح دقيقة في الطبيعة، والاستفادة من هذه العملية في التنقيب عن الثروات المعدنية، وبشكل خاص الثروات التي ترتبط خواصها بالخواص المغناطيسية للصخور، مثل المواد الحديدية التمغنط (Ferromagnetism)، كالحديد، والنيكل، والكوبالت، وذلك بواسطة إنشاء خرائط مغناطيسية لمناطق معينة، ودراسة الشواذ المغناطيسية في هذه المناطق.

3. ضرورة دراسة الأسباب المباشرة لظهور خطأ الميل δ_j لمركبة التمغنط الموجه، وبعض التشتت في زاوية الانحراف D، الناشئة عن انكسار المركبة الشاقولية J_{ro}^Z ، وذلك بسبب انضغاط الكلاستر، وتوزعها في الرسوبيات بشكل تحدده جدران وعاء الترسيب.

4. ضرورة إيجاد طريقة جديدة لتصحيح خطأ الميل δ_j لمركبة التمغنط الموجه، بغية الحصول على الاتجاه الدقيق للحقل المغناطيسي الأرضي القديم، وهذا يعد من المبادئ الأساسية الذي يعتمد عليه علم الباليومغناطيسية.

الاختصارات:

DRM: Deposition Remnant Magnetization
PDRM: Post Deposition Remnant magnetization
SGF: Strength of the Geomagnetic Field

المراجع

- [1] ЯНОВСКИЙ, Б. М., *Земной магнетизм. ЛГУ, 1978. с. 592.*
- [2] ШАШКАНОВ, В. А., МОХАМАД, Л., *Компонентный состав. ЛГУ, 1989. с. 4-8.*
- [3] НОВОСЁЛОВ, А. И., *Кластерная модель магнетика осадочных горных пород и механизм их ориентационного на магниччивания. Авт. Реф. ЛГУ, 1990. с. 5-8.*
- [4] МОХАМАД, Л. М., *Периодизация процесса ориентационного на магниччивания и компонентный состав ориентационной на магничченности осадочных горных пород. Авт. Реф. ЛГУ, 1991.*
- [5] ШАШКАНОВ, В. А., ИСУПОВА, П. В., ДОБРОВИН, П. В., *Исправление ошибки наклона ориентационной на магничченности и осадочных горных пород. Физика земли. , 2003. с. 56-64.*
- [6] ШАШКАНОВ, В. А., МОХАМАД, Л., *Ошибки склонения ориентационной на магничченности искусственных осадков. Всесоюзный съезд по геомагнетизму, часть III. Владимир Суздаль. 1991. с. 49-50.*
- [7] MOHAMAD, L., *Rock magnetism, Irbid, Jordan, November, 1993, с. 183-185.*
- [8] FRANK, D. S., *Physics of the earth. New York, London, Sydney, Toronto, 1978, с. 176-186.*
- [9] MOHAMAD, L., *A Study on Magnetic Properties of Synthetic Deposition as a Function of their Gravity Pressure, Tishreen University Journal, In Publication. 2007.*