دراسة ترسبات العصر الرباعي المتأخر باستخدام التحليل الحجمي والمعادن الثقيلة في منخفض بحر النجف، وسط العراق

ثائر جرجيس بني[1]، بلسم سالم الطواش[2] و لمى عز الدين المختار[1]

الاستلام: 31/ 08/ 2010، القبول: 16/ 2011/60
الكلمات الدالة: التحليل الميكانيكي الحجمي، معادن ثقيلة، رسوبيات نهرية، العصر الرباعي، بحر النجف

المستخلص

يعنى هذا البحث بدراسة ترسبات العصر الرباعي المتأخر في منخفض بحر النجف، وسط العراق وذلك من خلال دراسة التحليل الحجمي ودراسة المعادن الثقيلة التي تحويها هذه الترسبات في مقطع واحد في منطقة بحر النجف، ولدراسة التغيرات الحاصلة في بيئة الترسيب من خلال التغير الحاصل في نوع هذه المعادن وتوزيعها عند انتقالها من البيئة التي تكونت بها إلى بيئة مغايرة.

بين التحليل الحجمي لـ 23 نموذج جمعت من العمود الرسوبي في منطقة بحر النجف، على أنها تتكون أساساً من الطين والغرين ونسب أقل من الرمال، وان بيئة الترسيب هي نهرية وذات تنعم ترسيبي نحو الأعلى، وان الحجم السائد لحبيبات الرمل هو الناعم الى الناعم جداً وحبيباته مدورة، لانتقالها من مسافات بعيدة.

أظهرت دراسة المعادن الثقيلة للجزء الرملي متوسط الحجم إلى الناعم جداً (250 - 63 مايكرون) لـ 17 نموذج من ترسبات نفس الموقع، على غلبة مجموعة المعادن الثقيلة غير المستقرة (مجموعة معادن الأمفيبول والپايروكسين) على بقية المعادن الثقيلة، فضلا على احتوائها على نسب عالية من المعادن المعتمة وأكاسيد الحديد.

أشارت هذه الدراسة على أن المصدر الأساسي لرسوبيات منطقة البحث هو نهر الفرات، مع مساهمة أقل من الرواسب المنقولة من التكوينات المتكشفة في طار النجف والصحراء الغربية وان التغيرات الحاصلة في بيئة الترسيب أثرت على توزيع المعادن الثقيلة خلال العمود الرسوبي نظراً للتغير في ظروف التجوية من تجوية ميكانيكية في أسفل العمود الى تجوية ميكانيكية وكيمائية في أعلاه، وذلك نتيجة التغاير في الظروف المناخية السائدة خلال تلك الفترة.

THE STUDY OF LATE QUATERNARY SEDIMENTS USING GRAIN SIZE ANALYSIS AND HEAVY MINERALS IN BAHR AL-NAJAF DEPRESSION, CENTRAL IRAQ

Thair J. Benni, Balsam S. Al-Tawash and Luma A. Al-Mukhtar

ABSTRACT

This research concerns with the study of the Late Quaternary sediments in Bahr Al-Najaf Depression central part of Iraq. To perform the research, grain size analysis and heavy minerals were studied in one section that includes these sediments, and to study the changes in the type of the depositional environment, and distribution of these heavy minerals; when they were transported from the source area to a new environment; in the depositional area.

Grain size analysis of 23 samples collected from the site, showed that these samples consist mainly of clay and silt with subordinate sand. The heavy minerals study of medium to fine grained size (250 – 63 μm) sand fraction of 17 samples from the sediments of the same site, showed prevailing of those unstable minerals (represented by amphibole and pyroxene minerals) with a relatively high amount of opaque minerals.

[1] رئيس جيولوجيين أقدم، هيأة المسح الجيولوجي العراقية، ص.ب. 986، علوية، بغداد، العراق
[2] أستاذ مساعد، قسم علم الأرض، كلية العلوم، جامعة بغداد

The research showed that the main source of the sediments in Bahr Al-Najaf Depression is the Euphrates River, with a lesser share of sediments transported from the exposed rock units in Tar Al-Najaf and Western Desert, and the changes in depositional environment, which influenced the distribution of heavy minerals due to changes in climatic conditions at that time.

المقدمة

يقع منخفض بحر النجف ضمن نطاق السهل الرسوبي العراقي في الحافة الشمالية الغربية منه مغطى بترسبات العصر الرباعي بسمك يتراوح من (10 – 20) متر (Yacoub *et al*., 1981)، تأثر هذا المنخفض أيضا بالتغيرات المناخية التي حدثت في العصر الرباعي والتي أدت بالتالي إلى تنوع البيئات الرسوبية والمعدنية للمنخفض. يبلغ سمك العمود الرسوبي المدروس في هذا البحث حوالي 6 أمتار، وهو يمثل ترسبات العصر الرباعي المتأخر في المنخفض (بني، 2001).

يهدف هذا البحث إلى دراسة المعادن الثقيلة في الترسبات المدروسة وتصنيفها لبيان أصل هذه الترسبات وعمليات النقل التي جرت عليها خلال فترة انتقالها من المصدر إلى المنخفض الحالي، وذلك لكون المعادن الثقيلة تعطي مؤشرات على أصل الترسبات المنقولة وبيئة النقل والترسيب من حيث نوع ودرجة التجوية، اعتماداً على نسب وجودها في هذه الترسبات.

منطقة الدراسة

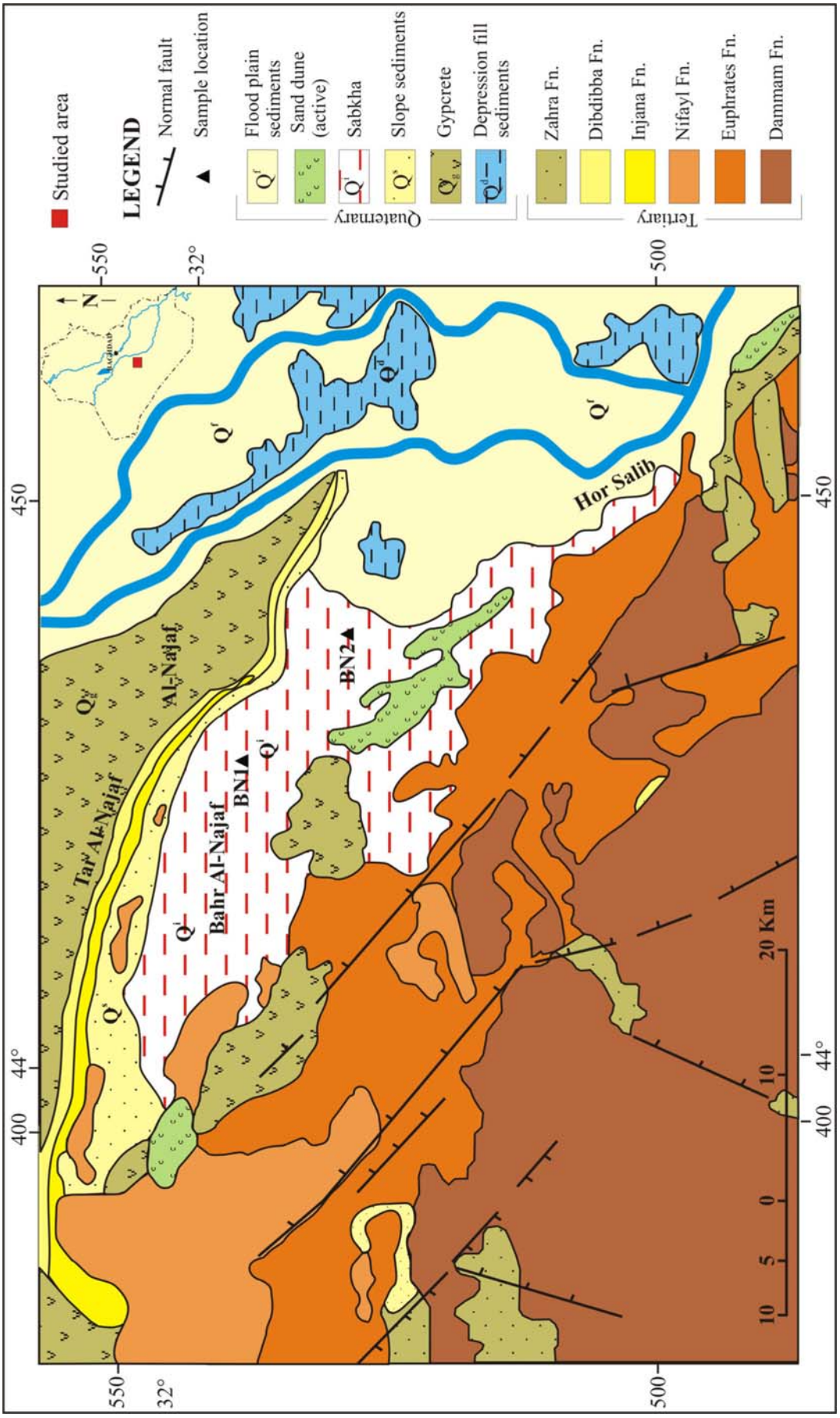
يقع منخفض بحر النجف على بعد 5 كيلومترات إلى الجنوب والجنوب الغربي من مدينة النجف، وهو منخفض طوبوغرافي يقع بين خطي طول 25' E 44° – 40' 43° وخطي عرض 10' N 32° – 40' 31° ويمثل مساحة تقدر بحوالي 360 كم^2، حيث ينحصر بين الصحراء الغربية العراقية والسهل الرسوبي لوادي الرافدين (شكل 1).

الوضع الجيولوجي

تقع منطقة الدراسة في الرصيف غير المستقر للصفيحة العربية ضمن نطاق السهل الرسوبي في الحافة الشمالية الغربية منه والتي تحاذي الرصيف المستقر من الجهة الغربية (Fouad, 2010). تمثل رواسب العصر الرباعي الجزء الأكبر من ترسبات المنطقة والتي هي جزء من ترسبات نطاق السهل الرسوبي التي تتأثر مناطقه بالحركات البنيوية الحديثة المستمرة بالهبوط مع استمرار امتلاء الحوض بالترسبات النهرية وغيرها (Buday and Jassim, 1987).

بحر النجف منخفض طوبوغرافي مغلق يحده من الجهة الشمالية منحدر شديد يصل ارتفاعه العمودي ما بين (30 - 50) متر يسمى طار النجف، أما حدوده الغربية فهي مكاشف تكوينات النفايل والفرات والدمام وهي جزء من الحدود الشمالية الغربية للصحراء الجنوبية، حيث إن الميل العام لطبقات هذه التكوينات ذو اتجاه شمال شرق وارتفاع الأرض فيها بحدود 25 متر فوق مستوى سطح البحر، حدوده الشرقية هي ترسبات السهل الفيضي لنهر الفرات التي تعد جزءاً من ترسبات السهل الرسوبي لوادي الرافدين (شكل 1).

الوحدات الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة هي الوحدات التراكمية والتي تمثل مِلأ المنخفض بالترسبات الريحية وخاصة الكثبان الرملية والنبخة أما الوحدات ذات الأصل النهري فهي وحدة السهل الرسوبي المتمثلة بترسبات الطين والطمى والغرين (Alluvial sediments). تتمثل أنواع التعرية بالتعرية الجانبية والحت ألعامودي التي تؤدي إلى الانقطاع في الأكتاف الطبيعية وتكون مراحل السهل الفيضي. قنوات الإرواء في المنخفض هي نتيجة العامل البشري وهذه القنوات القديمة حفرت من قبل الإنسان لاستعمالاته المختلفة في الزراعة والري.



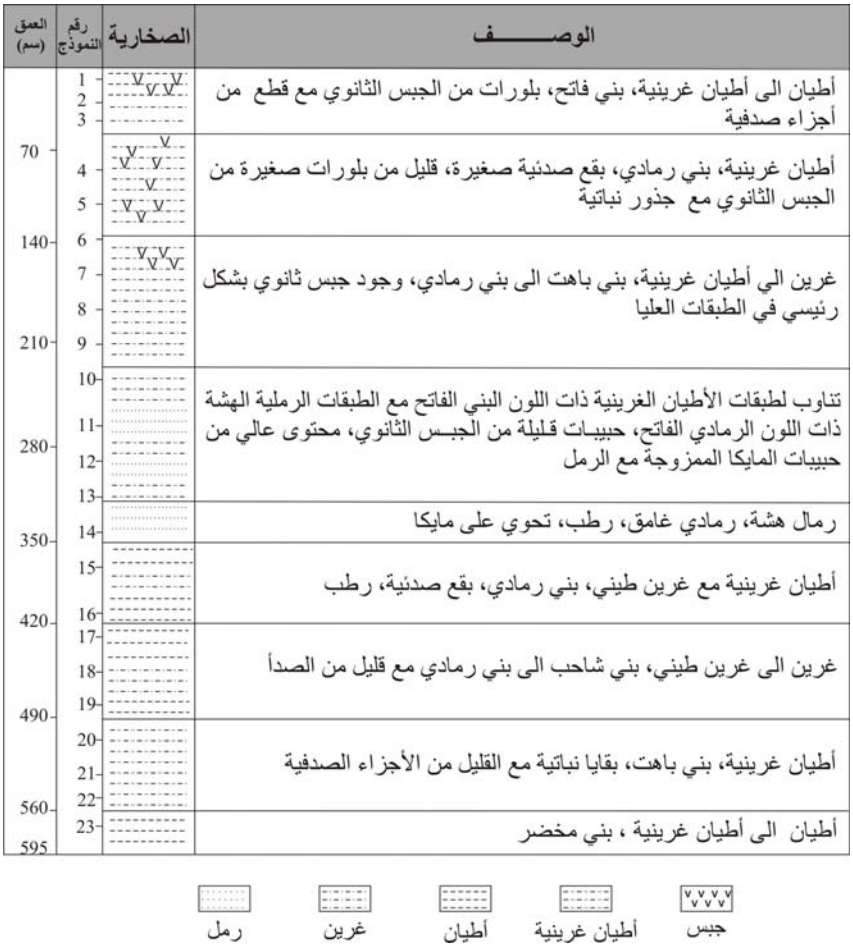
شكل 1: خريطة جيولوجية لمنطقة الدراسة مع موقع مقطعي جمع النماذج في منخفض بحر النجف (محورة عن Barwary and Slewa, 1994)

أسلوب العمل

جمعت 23 عينة من العمود الرسوبي للموقع BN1 (شكل 2) والذي يمثل ترسبات العصر الرباعي المتأخر في المنخفض بسمك 7 متر من سطح الأرض (بني، 2001) لغرض إجراء التحليل الميكانيكي الحجمي للرسوبيات بالطريقة المقترحة من قبل Folk (1966) لمعرفة المكونات النسيجية والحجمية والرسوبية وكيفية توزيع التدرج الحجمي. معظم العينات ذات صلابة متوسطة لذا تم تفتيتها باعتناء من دون التأثير على الحبيبات الأصلية لاحتمال تكسرها، وتم تجفيف العينات في فرن كهربائي تحت درجة حرارة 45° م. تم وزن 50 غم من كل عينة واستعملت مناخل خاصة لذلك بطريقة الهزاز، إما الوحل (Mud) فقد تم تحليله بالمكثاف لبيان نسبة الغرين والطين. ونتيجة للتحليل، تم اختيار أربعة نماذج من نفس العمود الرسوبي لكون نسب الرمل فيها أكثر من بقية النماذج.

اختيرت 17 عينة من نفس الموقع لإجراء دراسة المعادن الثقيلة (وزن كل عينة 100 غم)، وغسل النموذج للتخلص من الأطيان والمواد العالقة وغربل للحجم المطلوب (250 μm - 63) أي من الرمل متوسط الحجم إلى الناعم جداً وسجل الوزن بين هذين الحجمين، ثم جرت عملية الفصل باستعمال سائل "البروموفورم" ذي الوزن النوعي 2.89. ثم جمعت المعادن الثقيلة ونثرت على شريحة زجاجية مكسية بمادة "الكندا بلسم" وغطيت بغطاء زجاجي حيث أصبحت جاهزة للفحص ألمجهري والتصوير.

درست الشرائح تحت المجهر المستقطب لمعرفة الصفات البصرية والفيزيائية للحبيبات والبلورات التي تكوّن المعادن الثقيلة، استناداً إلى عدد من البحوث والدراسات، مثل Heinrich (1965)، Pichler and Schmitt (1997) و Mange and Wright (2007). أما المعادن الخفيفة التي طفت على سطح سائل البروموفورم، فقد درس محتواها المعدني فقط، حيث بينت الدراسة احتوائها على معادن الكوارتز والفلدسبار بنوعيه البوتاسي والبلاجيوكليس والمعادن الكاربونيتية، مثل معدن الكالسايت.



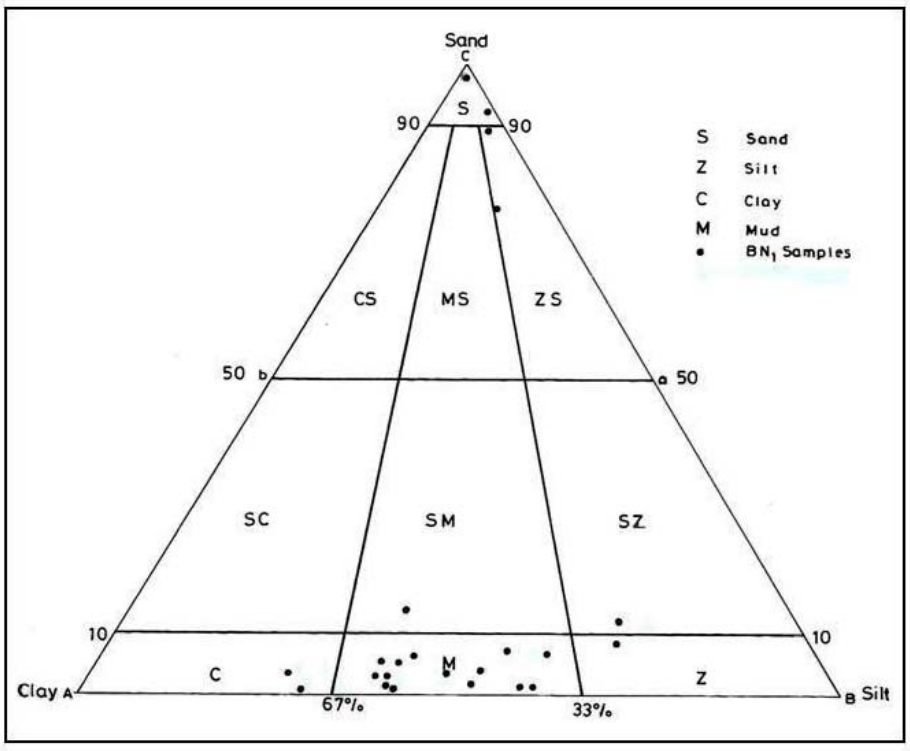
شكل 2: التتابع الطبقي لترسبات العصر الرباعي للموقع BN1 في منخفض بحر النجف

النتـائج

أظهرت نتائج التحليل الميكانيكي الحجمي (النسب الوزنية للمكونات الحجمية) لنماذج ترسبات الموقع BN1 والمبينة في الجدول (1) إن النماذج هي خليط من الطين والغرين والرمل وبنسب متفاوتة ومختلفة لكل نموذج، إلا إن نسب الطين والغرين عموما أكثر من نسب الرمل في أغلبية النماذج. يوضح الشكل (3) التوزيع الحجمي لهذه الحبيبات حسب Folk (1966) ويشير إلى أن النوع الغالب هو الوحل (Mud) يليه الطين ثم الرمل. ومن ملاحظة التوزيع الحجمي للحبيبات، فقد يكون هنالك أكثر من دورة رسوبية في هذا المقطع، حيث يمكن وضع الحد الفاصل أسفل كل منها (جدول 1)، حيث تكون الترسبات في حالة تنعم إلى الأعلى (Fining upward)، وهذا يدل على أن البيئة الترسيبية هي بيئة نهرية وإن الطاقة الحركية تكون هادئة نظراً لغلبة الوحل والأطيان على هذه الترسبات (شكل 3) (الحديثي، 1989).

اعتماداً على نتيجة التحليل الميكانيكي الحجمي تم اختيار أربع نماذج والمرقمة BN1/11, 12, 13, 14 لكون نسبة الرمل فيها أكثر من بقية النماذج وذلك لدراسة التدرج الحجمي بواسطة مجموعة من المناخل يتراوح حجم فتحاتها من (1 - 0.0063) ملم وبفترة 2/1 ϕ وباستعمال الهزاز لمدة عشرة دقائق، وذلك لدراسة بيئة النقل والبيئة الترسيبية، وان نتائج هذا التحليل مبينة في الجدول (2)، حيث يتبين أن غالبية حبيبات الرمل من النوع الناعم الى الناعم جداً، وأشكال الحبيبات معظمها تكون شبه مدورة (جدول 3) مما يشير الى أن الترسبات منقولة من مسافات بعيدة (Velde and Meunier, 2008).

تم تشخيص ثلاثة أنواع من المعادن الثقيلة وهي: المعادن الشفافة والمعادن المتغيرة والمعادن المعتمة، وحسبت النسبة المئوية لكل معدن ثقيل، بالنسبة للمعادن الثقيلة الموجودة في كل نموذج من خلال مسارات تغطي معظم الشريحة الزجاجية. أظهرت النتائج (جدول 4) كثرة وجود المعادن الشفافة التي تركزت غالبيتها على المعادن شبه المستقرة والمعادن غير المستقرة بنسبة 60%، مثل معدن الأپيدوت، الهورنبلند، الپايروكسين والكلورايت تليها المعادن المعتمة بنسبة 32% والمعادن المتغيرة بنسبة 3.5% مع مجموعة معادن أخرى بنسب قليلة، حيث يلاحظ قلة وندرة وجود المعادن فوق المستقرة (زركون، روتايل وتورمالين). وفيما يأتي وصف لهذه المجاميع:



شكل 3: التوزيع ألحجمي لنماذج ترسبات العصر الرباعي المتأخر للموقع BN1 في منخفض بحر النجف (after Folk, 1966)

جدول 1: النسبة الوزنية للمكونات الحجمية لنماذج ترسبات الموقع BN1 في منخفض بحر النجف

الدورات الرسوبية	الأملاح والجبس (%)	المكونات الحجميـــة (ملم)			العمق (سم)	رقم النموذج
		0.063 – 0.5 رمل (%)	0.0039 – 0.063 غرين (%)	أقل من 0.0039 طين (%)		
A4	0.4	4.6	40	55	20 - 5	BN/1
	7.8	0.2	44	48	40 - 20	2
	8.8	0.2	37	54	55 - 40	3
	4.4	2.8	58.8	34	80 - 55	4
	9.8	3.2	53	34	110 - 80	5
A3	6.2	0.8	52.5	40.5	135 - 110	6
	5.8	0.2	57	37	160 - 135	7
	1.9	0.6	60	37.5	190 - 160	8
	5.4	4.8	66.8	23	210 - 190	9
	5.6	5.6	65.3	23.5	230 - 210	10
	0.7	75.3	16.5	7.5	260 - 230	11
	0.3	87.6	7.6	4.5	290 - 260	12
	0.1	90.4	6.5	3.0	320 - 290	13
	0.1	98.6	0.7	0.6	350 - 320	14
A2	0.5	2.6	27.9	69	375 - 350	15
	0.6	0.6	40.8	58	400 - 375	16
	1.4	4.6	43	51	425 - 400	17
A1	0.68	0.32	42	57	450 - 425	18
	1.68	0.32	42	56	470 - 450	19
	1.08	0.22	39.7	59	500 - 470	20
	1.68	0.22	47.1	51	525 - 500	21
	0.8	0.70	51.5	47	550 - 525	22
	0.28	0.18	30.0	69	575 - 550	23
		%17	%42	%40	المعدل	

جدول 2: نتائج التدرج الحجمي للنماذج الرملية للمقطع BN1 في منخفض بحر النجف

Sample No.	Weight	V. Coarse Sand	Coarse Sand		Medium Sand		Fine Sand		V. Fine Sand		Silt	Clay
		1.0	0.71	0.50	0.355	0.25	0.18	0.125	0.09	0.063	0.0039	< 0.0039
		(mm)										
BN1/ 11	gm	0.24	0.57	0.55	0.40	0.34	0.39	5.12	61.58	64.64	29.7	13.29
	%	0.14	0.32	0.31	0.23	0.19	0.53	2.89	34.84	36.29	16.76	7.5
BN1/ 12	gm	0.2	0.30	0.29	0.43	0.44	1.33	23.83	124.9	60.47	18.37	10.86
	%	0.08	0.12	0.12	0.18	0.18	0.55	9.87	51.74	25.05	7.61	4.5
BN1/ 13	gm	-	0.71	0.61	0.43	0.43	5.65	87.11	54.88	24.3	12.64	5.78
	%	-	0.37	0.32	0.22	0.22	2.93	45.23	28.49	12.62	6.59	3.0
BN1/ 14	gm	-	0.07	0.08	0.08	0.20	8.14	77.87	35.32	6.61	1.02	0.78
	%	-	0.05	0.06	0.06	0.15	6.26	59.82	27.14	5.08	0.78	0.6

جدول 3: النسب المئوية للشكل الحبيبي لترسبات الرمال في منطقة الدراسة

Sample No.	Depth (cm)	مضلعة جداً (%)	مضلعة	شبه مضلعة	شبه مدورة	مدورة	مدورة جداً
BN1/ 11	250	-	1.08	22.12	76.26	0.54	-
BN1/ 12	275	0.27	15.61	36.77	43.92	3.43	-
BN1/ 13	310	-	2.96	28.11	68.64	0.29	-
BN1/ 14	340	-	2.59	28.73	67.82	0.86	-

- **مجموعة المعادن الشفافة**

تم تقسيم هذه المجموعة إلى سبعة مجاميع ثانوية وحسب الأغلبية، وهي:

— **مجموعة معادن الأمفيبول:** تتكون هذه المجموعة من أربعة معادن: الهورنبلند، تريمولايت – أكتينولايت، الهورنبلند البني والگلاكوفان. أهم هذه المعادن في هذه المجموعة والذي تم تميزه هو الهورنبلند الذي يمثل النسبة الكبرى في هذه المجموعة، وهو من المعادن غير المستقرة، تراوحت نسبته بين (3.87 - 39.01) % وبمعدل 21.6 % (جدول 2)، ويظهر بلون أخضر موشوري الشكل يحتوي على تشققات باتجاهين وظاهرة تعدد الألوان واضحة فيه (شكل 4.5 و 4.6). زاوية الميل تتراوح من (20 – 18)°. تظهر الزيادة في تركيزه عند عمق 165 سم والى أسفل العمود الرسوبي (شكل 5)، يكثر وجوده في الصخور النارية وبعضا في الصخور المتحولة. نسبة المعادن الأخرى في هذه المجموعة قليلة جداً ولا تتجاوز في مجموعها عن 0.3%.

— **مجموعة البايروكسين:** تتميز معادن هذه المجموعة بكونها غير مستقرة وتوجد على نوعين: المونوبايروكسين والأورثوبايروكسين وكلاهما يوجد في المقطع BN1، إلا أن نسبة وجود الأول أكثر من الثاني، حيث تراوحت نسبة المونوبايروكسين من (0.87 - 35.94) % وبمعدل 12.31% (جدول 2)، ويمتاز بكونه عديم اللون إلى أخضر فاتح أو يظهر بلون بني (شكل 6.6)، (شكل 4.2 و 4.1) وبأشكال غير منتظمة، ويتميز بعدم ثباته واستقراره تجاه المحاليل البينية (Interarticular Solutions) نتيجة تأثره بهذه المحاليل، حيث يأتي بالمرتبة الأولى من بين المعادن الأخرى من ناحية تأثره بهذه المحاليل (Fuchtbaner, 1974; Schneiderman and Chen, 2007). يزداد تركيزه في وسط وأسفل المقطع BN1 وخاصة عند عمق 370 سم (شكل 5). يوجد الأورثوبايروكسين بنسب أقل حيث يتراوح من (أثري – 4.68) % وبمعدل 0.81% ويمتاز بلونه الأبيض إلى الأخضر المائل إلى البني، لا توجد له زاوية ميل.

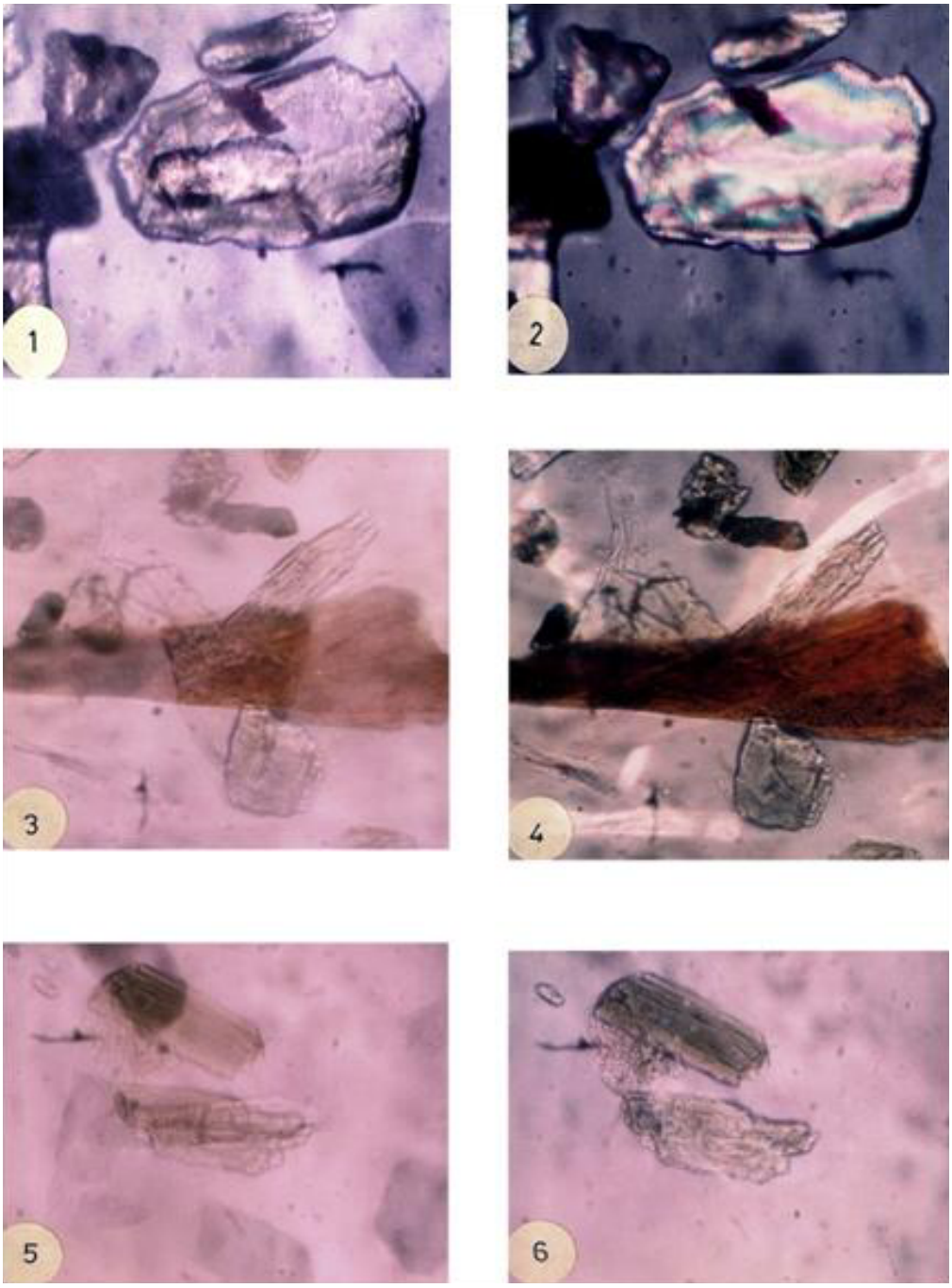
— **مجموعة الكلورايت:** مجموعة معادن تنتمي إلى المايكا، حيث تنعدم فيها القلويات أما السليكات التي تحويها فإنها تمتاز بتركيبها الصفائحي وأنواعها تعتمد على ما تحويه من كمية الحديد والمغنيسيوم. من أنواع هذه المجموعة معدن الكلورايت والكلينوكلور والبنين. المعدن الغالب في هذه المجموعة في منطقة الدراسة هو معدن الكلورايت، حيث يمتاز بكبر حجم الحبيبات ذات اللون الأخضر الفاتح والحواف المستديرة. الشكل البلوري صفائحي ويتميز بكونه أحادي الميل، التشقق جيد ويعتبر من المعادن شبه المستقرة (شكل 6.2). يظهر تباين واسع في تركيزه على طول العمود الرسوبي، حيث تتراوح قيمته من (أثري – 83.33) % وبمعدل 19.82% (جدول 2). يكثر وجوده في الأجراء العليا من العمود الرسوبي (شكل 5 وجدول 5).

— **مجموعة معادن الأپيدوت:** هذه المجموعة تتكون من ثلاثة معادن هي الأپيدوت، الكلاينوزوسايت والزوسايت ولكون معدن الأپيدوت هو الغالب والشائع في النماذج المدروسة فقد دمجت هذه المعادن في مجموعة واحدة. يظهر معدن الأپيدوت من عديم اللون إلى حليبي أو مصفر له حافات متعرجة وغير منتظمة وقد تكون مستديرة إلى شبة مستديرة (شكل 7.1). ظاهرة تعدد الألوان فيه خفيفة جداً إلى معدومة. يعد هذا المعدن من المعادن الثقيلة قليلة المقاومة للتجوية نسبة إلى المعادن الثقيلة الأخرى، لذلك نلاحظ على سطحه التعرجات والندب الناتجة من عملية الحت أثناء النقل. نسبة وجود هذه المجموعة قليلة مقارنةً بالمجاميع الأخرى، حيث تتراوح من (0.87 - 14.56) % وبمعدل 3.7%. يتركز في الأجزاء الوسطى والسفلى، وخاصةً عند عمق 250 سم من المقطع المدروس (شكل 5).

جدول 4: النسب المئوية لتواجد المعادن الثقيلة في المقطع BN1

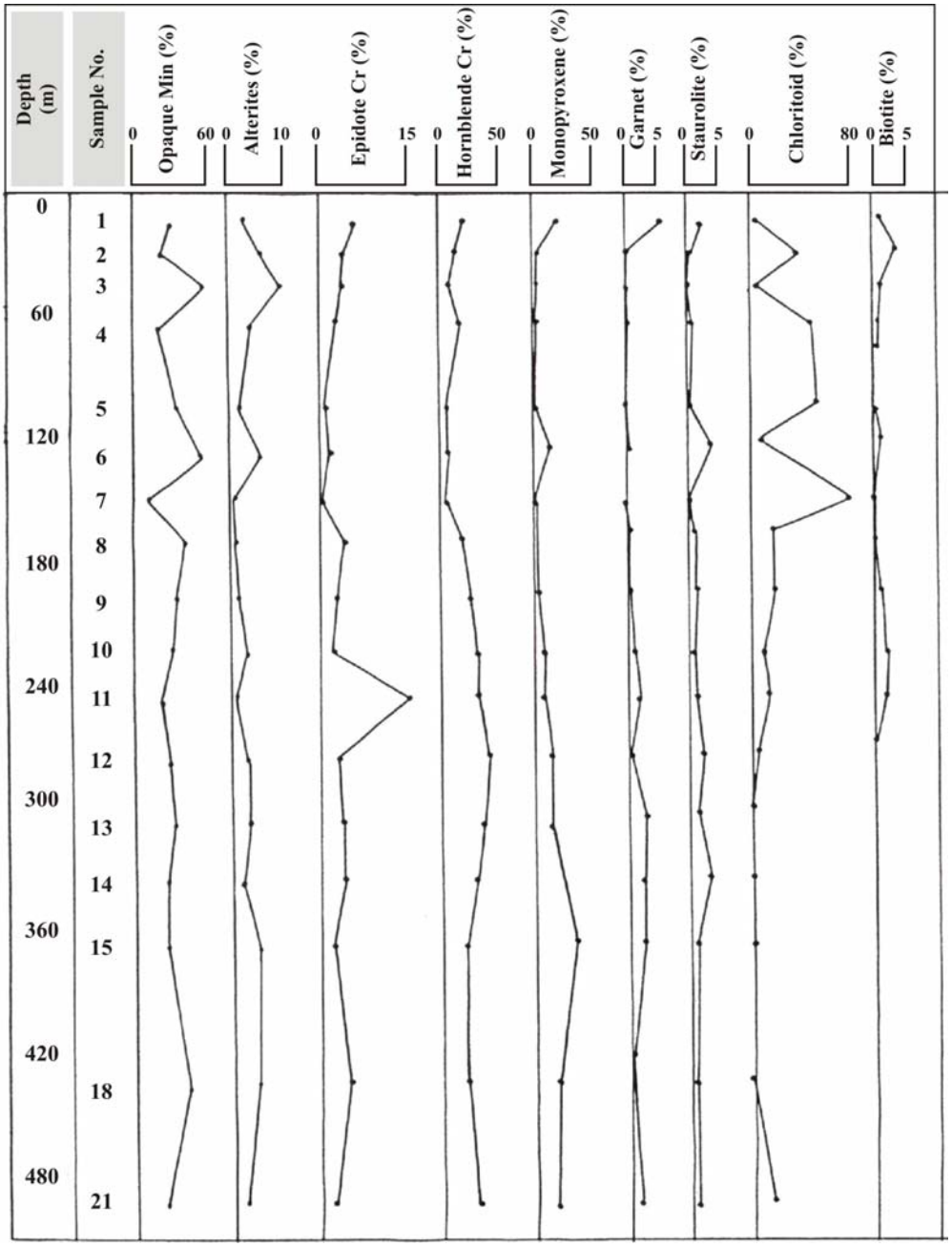
Sample No.	Opaque Minerals	Alterites	Zoisite Epidote Group	Hornblende Common	Tremolite Actinolite	Hornblende Brownish	Glaucophane	Ortho-pyroxene	Mono-pyroxene	Garnet	Staurolite	Kyanite	Chlorite	Biotite	Celestite	Zircon	Rutile	Tourmaline
BN\ 1	29.91	2.99	5.98	20.08	0.85	0.85	1.28	0.85	19.23	6.41	2.56	0.43	5.55	1.28	1.17	–	–	T
\ 2	22.48	5.43	3.87	13.95	T	–	–	2.23	3.10	–	0.98	T	42.63	3.87	1.55	–	–	–
\ 3	62.96	9.26	3.70	11.11	–	–	–	–	3.70	–	–	–	5.55	1.85	1.85	–	–	–
\ 4	18.45	4.16	2.98	19.05	T	–	–	–	2.38	0.59	0.59	–	50.59	1.19	T	–	–	–
\ 5	34.78	1.74	0.87	6.09	–	–	–	–	0.87	–	–	–	53.04	–	2.61	–	–	–
\ 6	54.33	5.51	2.36	3.87	–	–	T	–	16.53	0.79	3.94	–	7.08	1.57	T	–	–	–
\ 7	10.42	1.04	–	5.21	–	–	–	T	–	–	T	–	83.33	–	–	1.14	0.57	–
\ 8	42.61	1.14	3.98	22.73	1.14	T	–	T	6.82	0.57	1.70	0.57	17.05	T	–	–	–	–
\ 9	36.25	2.08	2.92	25.83	T	T	T	–	4.58	0.42	1.66	–	21.25	1.25	0.83	0.42	0.42	T
\ 10	33.00	3.00	2.00	32.50	–	–	–	1.00	11.00	1.5	1.00	1.00	10.00	2.00	1.00	–	T	–
\ 11	18.37	1.36	14.56	32.65	T	–	–	T	8.84	2.72	1.36	1.36	16.33	2.04	T	–	–	T
\ 12	27.60	3.14	3.14	39.01	0.85	–	–	–	15.69	0.85	2.56	0.85	3.57	T	–	–	–	1.34
\ 13	29.54	3.55	3.55	35.33	–	–	–	1.76	16.17	3.55	1.76	0.51	1.76	–	T	T	–	–
\ 14	26.37	2.48	3.98	27.36	–	T	–	–	26.37	2.98	3.48	2.48	0.99	0.49	–	0.99	–	–
\ 15	26.56	5.47	2.34	19.53	–	–	–	4.68	35.94	3.13	1.56	–	0.78	T	T	–	–	–
\ 18	46.61	5.32	4.25	19.15	–	–	–	3.15	20.21	T	1.06	–	T	–	–	–	–	–
\ 21	23.18	2.65	2.65	29.80	–	–	–	T	17.88	2.65	1.32	T	17.88	T	–	T	–	–
Average	32.00	3.54	3.71	21.60	0.17	0.05	0.07	0.81	12.31	1.54	1.50	0.42	19.82	0.91	0.56	0.15	0.06	0.08

T: Trace (أثر)



شكل 4: معادن ثقيلة شفافة مصورة بقوة تكبير X 160

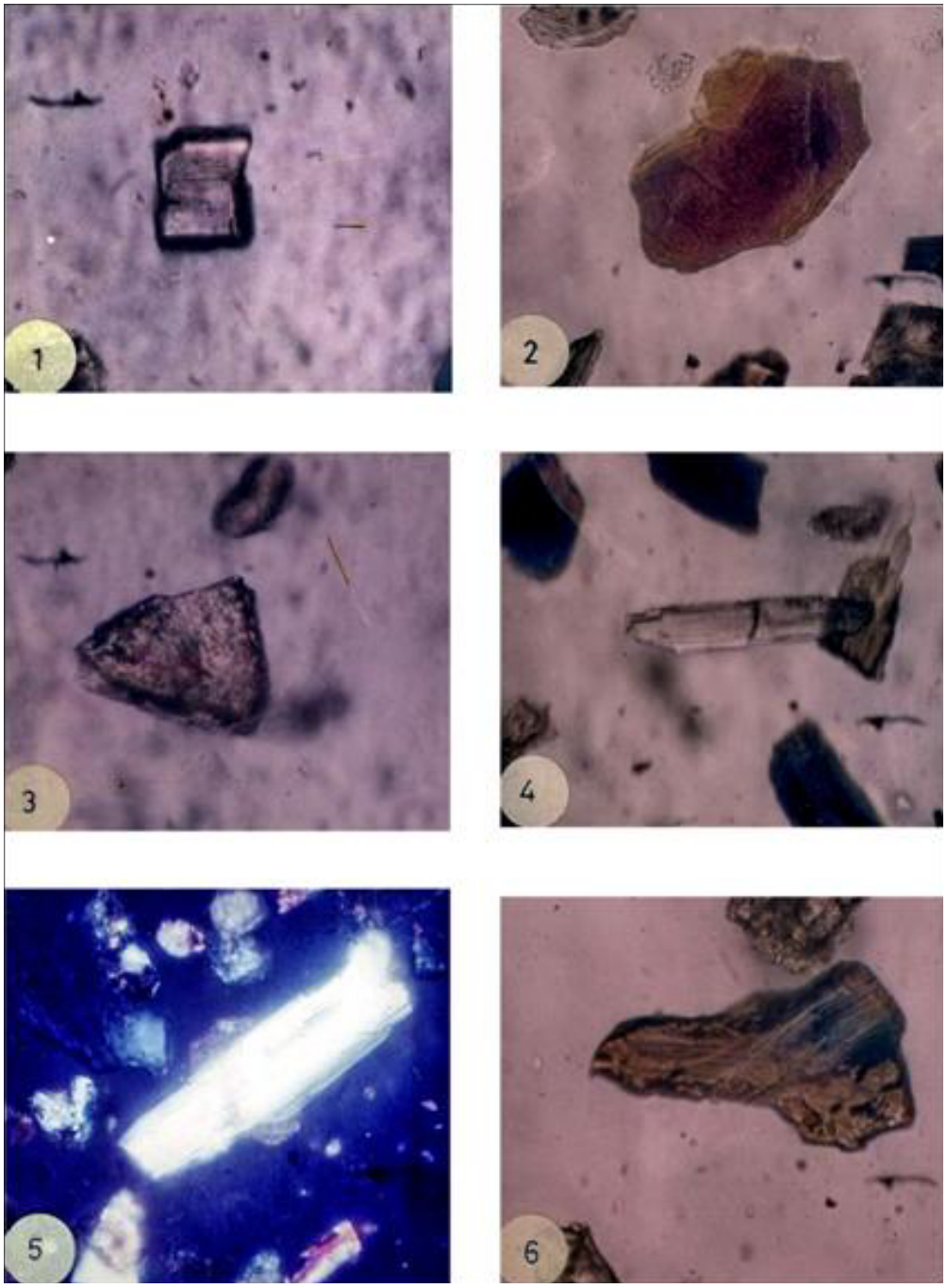
1-حبيبة لمعدن المونوپايروكسين، ظاهرة التآكل ضعيفة، الشكل شبة مستدير، باستعمال الضوء المستقطب
2-حبيبة لمعدن المونوپايروكسين بإدخال المواشير المتقاطعة (XN)
3-حبيبة لمعدن البايوتايت، ظاهرة التشقق المايكائي (Micaceous) واضحة باستعمال الضوء المستقطب
4-حبيبة لمعدن البايوتايت، بإدخال المواشير المتقاطعة (XN)
5-حبيبتان لمعدن الهورنبلند، ظاهرة التشقق واضحة وبشكل طولي وظاهرة التآكل واضحة أيضاً، باستعمال الضوء المستقطب
6-حبيبتان لمعدن الهورنبلند، بإدخال المواشير المتقاطعة (XN)



شكل 5: توزيع المعادن الثقيلة في العمود الرسوبي BN1 في منخفض بحر النجف

— **مجموعة معادن الگارنت**: من أهم معادن هذه المجموعة الكروسولورايت الغني بالكالسيوم ومعدن الپايروپ الغني بالمغنيسيوم، تتصف معادن هذه المجموعة بكونها من عديمة اللون إلى الوردي الفاتح، حبيباتها ذات حافات سميكة، أحادية الميل وذات أشكال غير منتظمة، من شبة مستديرة إلى شبة زاوية (شكل 6.3). يكثر وجود هذه الأنواع في الصخور المتحولة، تراوحت نسبتها من (أثري - 3.55) % وبمعدل 1.54% (جدول 2)، ويزداد وجودها في الأجزاء الوسطى والسفلى وخاصة عند عمق 310 سم (شكل 5)، أشار Phillip (1966) إن معدل وجود هذه المجموعة في الترسبات الحديثة اقل من معدلها في الترسبات القديمة.

— **معدن الشتورولايت**: معدن عديم اللون يتغير إلى الأصفر، حبيباته من شبة مستديرة إلى زاوية (شكل 7.2) معامل انكساره عالي وله زاوية حادة، نسبة وجوده في الترسبات قليلة، إذ تراوحت ما بين (أثري إلى 3.94) % (جدول 2). يظهر على طول المقطع المدروس (BN1) تقريبا وبنسب متفاوتة (شكل 5).



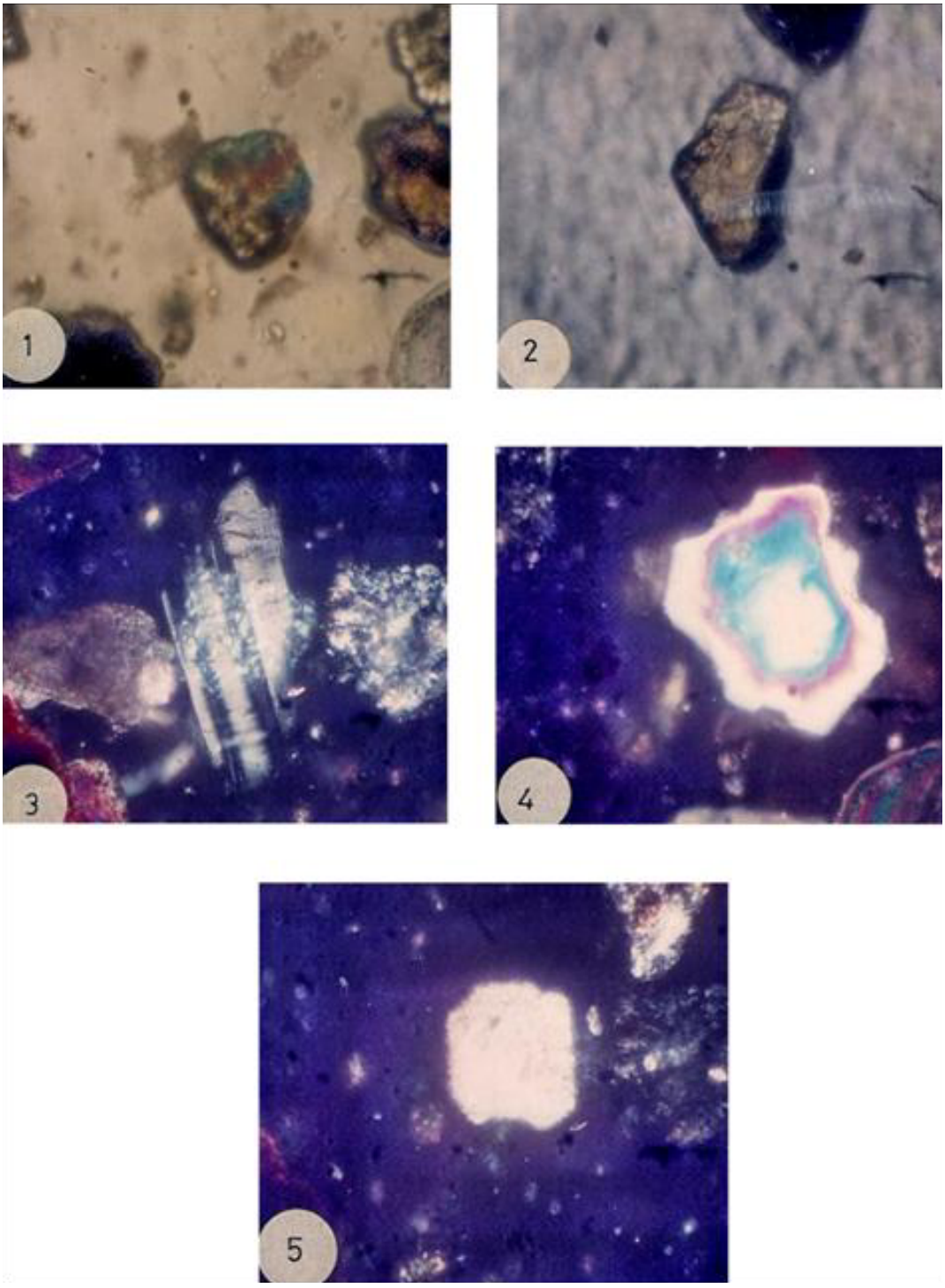
شكل 6: معادن ثقيلة شفافة مصورة بقوة تكبير X 160

1-حبيبة لمعدن التورمالين شبة كامل الأوجه باستعمال الضوء المستقطب، الحافات زاوية والتآكل قليل فيه
2-حبيبة لمعدن الكلورايت، ظهور صفة التشقق المايكائي (Micaceous) باستعمال الضوء المستقطب ظاهرة التآكل قليلة فيه، الحافات مستديرة إلى شبة زاوية
3-حبيبة لمعدن الكارنت باستعمال الضوء المستقطب، تظهر بشكل شبة زاوي
4-حبيبة لمعدن الكايانيت مع ظهور التشقق الطولي والعرضي باستعمال الضوء المستقطب
5-حبيبة لمعدن السلستايت الطولية الشكل باستعمال المواشير المتقاطعة (XN)
6-حبيبة لمعدن البايروكسين البني ذو الشكل شبة الزاوي مع ظاهرة التآكل واضحة فيه باستعمال الضوء المستقطب

جدول 5: معدلات النسب المئوية للمعادن الثقيلة في الدورات الرسوبية للمقطع BN1

Sample No.	Cycle No.	Opaque Minerals	Alterites	Zoisite Epidote Group	Hornblende Common	Tremolite Actinolite	Hornblende Brownish	Glaucophane	Ortho-pyroxene	Mono-pyroxene	Garnet	Staurolite	Kyanite	Chlorite	Biotite	Celestite	Zircon	Rutile	Tourmaline
5	A4	33.72	4.72	3.48	14.06	0.17	0.17	0.26	0.26	5.86	1.40	0.83	0.09	31.47	1.64	1.44	–	–	T
9	A3	30.94	4.66	4.05	24.94	0.22	T	T	0.31	11.78	1.49	1.95	0.75	17.93	0.82	0.20	0.28	0.11	0.15
1	A2	26.56	5.47	2.34	19.53	–	–	–	4.68	35.94	3.13	1.56	–	0.78	T	T	–	–	–
2	A1	34.89	3.99	3.45	24.48	–	–	–	1.58	19.05	1.33	1.19	T	8.94	T	–	T	–	–

T: Trace (أثر)



شكل 7: معادن تقيله وأخرى خفيفة، شفافة مصورة بقوة تكبير X 160

1- حبيبة لمعدن الأبيدوت ذو الشكل شبة الدائري باستعمال الضوء المستقطب
2- حبيبة لمعدن الشتورولايت، ظاهرة على سطحه الندب والتآكل، الشكل شبة زاوي باستعمال الضوء المستقطب
3- حبيبة لمعدن البلاجيوكليس، يظهر فيه توأم الألبايت باستعمال المواشير المتقاطعة (XN)
4- حبيبة لمعدن الكوارتز باستعمال المواشير المتقاطعة (XN)
5- حبيبة لمعدن الكالسايت باستعمال المواشير المتقاطعة (XN)

— **المعادن الشفافة الأخرى:** مجموعة معادن توجد بنسب قليلة في العمود الرسوبي، لا تتجاوز نسبة الواحد منها عن 1%، وتشمل معدن الكايانيت الذي يتميز بشكله الطولي ذو اللون الأزرق الباهت الحاوي على التشققات (طولياً وعرضياً) (شكل 6.4). بلغ معدل وجوده 0.42%، نسبةً إلى المعادن الثقيلة الأخرى. كذلك معدن البايوتايت الذي بلغ معدل نسبته 0.91% الذي يظهر بشكل مستطيل طولي متأثر بعمليات التعرية، وهو ذو لون بني وله تشقق باتجاه واحد (شكل 4.4 و4.3). إن مجموعة معادن البارايت – السلستايت نادرة الوجود أيضاً في هذه الترسبات، حيث بلغ معدل وجودها 0.56% (جدول 2)، تظهر بشكل طولي منتظم ذي حافات متآكلة وعديمة اللون (شكل 6.5). المجموعة المعدنية الأخرى ذات الوجود القليل هي مجموعة المعادن فوق المستقرة (Ultrastable) ومعادنها الزركون والروتايل والتورمالين، وهذه المجموعة مهمة في دراسة المعادن الثقيلة لكونها تقاوم عمليات التجوية والتعرية. بلغ معدل وجود الزركون 0.15%، حيث يمتاز بكونه عديم اللون، أما الروتايل فقد بلغ معدل وجوده 0.06% وحبيباته طولية ذات حافات شبه مستديرة، لونه أحمر إلى بني محمر ذي معامل انكسار عالي. بلغ معدل وجود التورمالين 0.08%، يظهر بشكل مربع حاد الزوايا ذو لون أصفر وبني ووردي (شكل 6.1)، لم يظهر إلا في عمق 270 سم من المقطع المدروس وبنسبة 1.34% (جدول 4)، وفي أماكن أخرى مفقود إلى أثري.

- **مجموعة المعادن المتغيرة**

مجموعة من المعادن من الصعب تميزها بواسطة المجهر المستقطب وذلك لحصول عمليات التجوية والتغير عليها مما أدى إلى اختفاء صفاتها الضوئية وتعذر تمييزها، حيث يطلق عليها اسم المتغيرات (Alterite Minerals)، تراوحت نسبتها في العمود الرسوبي من (1.04 - 5.51) % وبمعدل 3.64% (جدول 2). تكون نسبها العالية في أعلى العمود الرسوبي، وخاصة عند العمق 45 سم (شكل 5).

- **مجموعة المعادن المعتمة**

مجموعة معادن تظهر بلون معتم أو بني غامق تشمل اكاسيد الحديد المختلفة (هيماتايت، ليمونايت، ماگناتايت، التيتانيوم والحديد) وتكون بنسب عالية، حيث تتراوح من (10.42 - 62.96) % وبمعدل 33.18% (جدول 2). بصورة عامة، تمتاز هذه المعادن بالإشكال غير المنتظمة ذات الزوايا شبة الحادة إلى أشكال شبه كروية. نسبتها العالية تتركز في الأجزاء العليا من العمود الرسوبي خاصة عند العمقين 45 سم و125 سم (شكل 5).

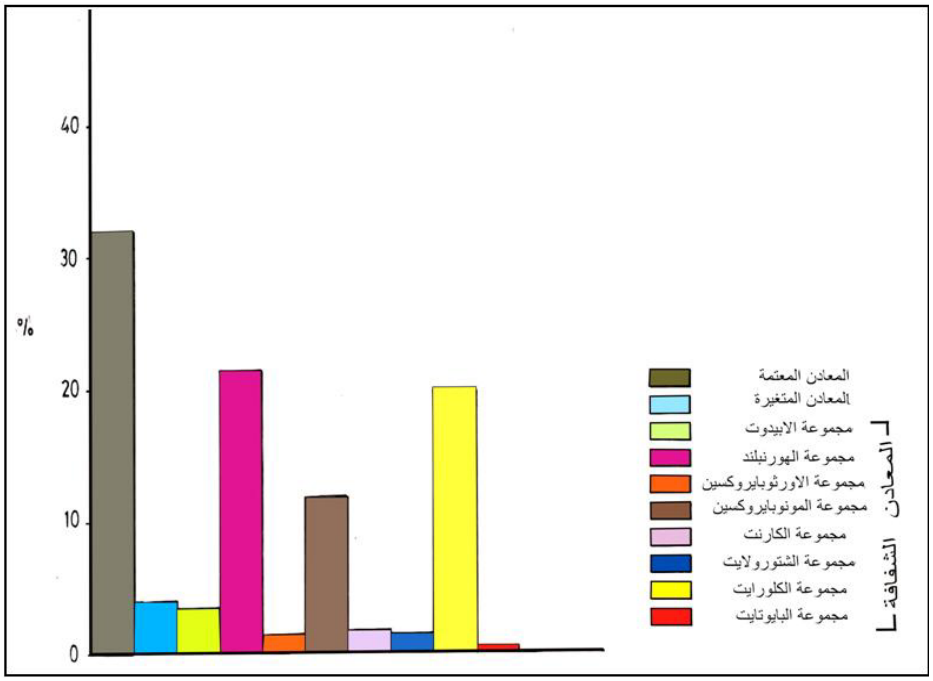
المناقشــة

من نتائج دراسة المعادن الثقيلة للعمود الرسوبي (BN1) في ترسبات العصر الرباعي المتأخر لمنطقة بحر النجف في يمكن الاستنتاج بان الصخور المصدرية (Source Rocks) لهذه الترسبات هي صخور نارية – متحولة وصخور رسوبية قديمة، حيث إن كل مصدر من هذه المصادر يمكن أن يستدل عليه من المعادن الموجودة. الصخور النارية والمتحولة موجودة في كل من سوريا وتركيا والتي نقلت فتأتياتها المتجوية بواسطة نهر الفرات أثناء مروره بهذه المناطق قبل دخوله الأراضي العراقية (البصام والمختار، 2008). أما الصخور الرسوبية والرسوبيات القديمة، فيستدل عليها من وجود المعادن فوق المستقرة مثل معادن التورمالين والزركون والروتايل، كذلك أكاسيد الحديد والتيتانيوم (المعادن المعتمة) التي توصف بصورة عامة على أنها معادن صلبة وخاملة ويمكنها البقاء لدورات عديدة عندما تحصل عملية دهك (Reworking) للرسوبيات القديمة لتكوين رسوبيات جديدة (Pettijohn *et al*., 1973). إن وجود المعادن غير المستقرة المتمثلة بمعادن الهورنبلند والپايروكسين والكلورايت وبنسب عالية والتي تشكل المكونات الأساسية للمعادن الثقيلة في منطقة الدراسة دليل على إن منطقة الأصل ذات مناخ جاف أو شبة جاف وإن سرعة النقل والتعرية فيها شديدتين، حيث إن الجزء الأكبر من رواسب منطقة الدراسة ناتج من تجوية وتعرية صخور موجودة في مناطق مرتفعة وقريبة وبعدة دورات ترسيبية وبعملية نقل سريعة، حيث تقل تأثير التجوية وتحافظ المعادن غير المستقرة على وجودها في هذه الرواسب. بالإضافة الى إن اغلب الحبيبات المعدنية التي شوهدت، لها حافات حادة أو شبه حادة، وهذا يؤكد على إن التجوية الميكانيكية هي أكثر تأثيراً من التجوية الكيميائية، حيث أشار كل من Schneiderman and Chen (2007) و Fuchtbaure (1974) إن معادن الپايروكسين والأمفيبول من أكثر المعادن حساسية لعمليات التجوية لذا فان وجودها بوفرة يعني قلة حدوث التجوية الكيميائية.

من إجراء مقارنة بين معدلات وجود المعادن الثقيلة في ترسبات العصر الرباعي المتأخر في منخفض بحر النجف مع معدلات وجودها في المناطق القريبة من منطقة الدراسة، نلاحظ إن معدلات المعادن غير المستقرة أعلى من معدلات المعادن فوق المستقرة في رسوبيات الوديان بين هيت وشثاثة، حيث بلغ معدل مجموعة الپايروكسين والپارايت والأپيدوت والأمفيبول والكلورايت 25.5%، بينما بلغ معدل المعادن فوق المستقرة 3.9% (الخفاجي، 1990). أما معدلات وجود المعادن غير المستقرة في تكوين إنجانة في منطقة النجف – كربلاء فبلغت حوالي 40%، بينما بلغت معدلات المعادن فوق المستقرة 10.04% (البيداري، 1997)، ويمكن مقارنة هذه النتائج مع النتائج التي توصلت إليها

الدراسة الحالية والمبينة في الشكل (8). أما الدراسات التي جرت على السهل الرسوبي ونهر الفرات، فقد بينت غلبة المعادن غير المستقرة في معظم الترسبات حيث وجد Phillip (1966) بأن أعلى معدل سجل لمعادن الپايروكسين هو في رواسب نهر الفرات وبلغ 21.9% من نسبة المعادن الثقيلة، أما معدل مجموعة الأمفيبول فقد وصلت إلى 21% مع انخفاض واضح في نسب المعادن فوق المستقرة فيه، حيث بلغ معدل التورمالين في رواسب النهر إلى 0.72% وبلغ معدل الزركون 8% وهذه النسبة عالية، حيث يعتقد بأن مصدره من رواسب الصحراء الغربية الغنية بهذا المعدن. أما جبار (1983) فقد وجدت أن نسبة المعادن غير المستقرة بلغت 80% من مجموع المعادن الثقيلة في ترسبات السهل الرسوبي، بين المحمودية ومندلي. أما الدراسة التي قام بها كل من البصام والمختار (2008) على رواسب نهر الفرات وخاصة في القاطع الوسطي من النهر على غلبة معادن الپايروكسين (25.64 %) والهورنبلند (18.43 %) من مجموع المعادن الثقيلة مع انخفاض في نسبة المعادن فوق المستقرة (0.85 %) في نفس القاطع، مع العلم أن رواسب نهر الفرات ومصادر تجهيزه بالفتاتيات تأتي من عدة مناطق منها هضبة الأناضول في تركيا والأراضي السورية مع إسهام الوديان الصحراوية في نقل الفتاتيات في مواسم الأمطار من داخل الصحراء العراقية والمتمثلة بوادي حوران الذي يصب في نهر الفرات شمال البغدادي، حيث له التأثير الأكبر بالإضافة إلى التكوينات الفتاتية مثل تكويني الدبدبة وإنجانة لهما الدور المهم في التجهيز من منطقة الرمادي والى الشنافية (البصام، 2000).

إن الدراسات التي جرت على منطقة الصحراء الغربية من العراق تؤكد جميعها على غلبة المعادن فوق المستقرة على بقية المعادن الثقيلة (طوبيا، 1983 ومصطفى، 1986). أما الدراسة التي قام بها Jalal (1977) على رمال تكوين الدبدبة في وسط وجنوب العراق، فقد بينت أن المعادن الثقيلة في هذه الرمال تشمل وحسب الأغلبية على المعادن المعتمة والپايروكسين والهورنبلند والبايوتايت والزركون والأپيدوت والتورمالين والگارنت، وذكر إن مصدر هذه المعادن هو الدرع العربي، المصدر المحتمل لترسبات ومعادن تكوين الدبدبة، يضاف الى ذلك دراسة المختار ومنخي (2009) عن تكوين الدبدبة في طار النجف وكذلك المختار (2010) عن تكوينات الصحراء الغربية، حيث ذكروا أن تواجد المعادن الثقيلة حسب الأغلبية تكون على ما يأتي: المعادن المعتمة، المعادن فوق المستقرة ثم المعادن شبه المستقرة بكميات أقل، ومنها الأبيدوت، الهورنبلند والپايروكسين.



شكل 8: معدلات المعادن الثقيلة (المعتمة والمتغيرة والشفافة) في ترسبات العصر الرباعي المتأخر في المقطع BN1 في منخفض بحر النجف

من هذا العرض نستنتج أن المصدر الرئيسي للترسبات الحديثة في منخفض بحر النجف متأتية من ترسبات السهل الفيضي لنهر الفرات شرق منطقة الدراسة ومن التكوينات المتكشفة في طار النجف شمال المنطقة مع نسبة قليلة من مصدر ثالث هي الترسبات المنقولة من الصحراء الغربية غرب منطقة الدراسة بواسطة الوديان الموسمية. كذلك نستدل على إن منطقة الأصل هي ذات مناخ جاف أو شبة جاف وان سرعة النقل والتعرية شديدتين، بينما عامل التجوية قليل وذلك من وجود مجموعات المعادن غير المستقرة ذات الأغلبية من مجموع المعادن الثقيلة الأخرى، وذلك اعتماداً على تواجد دورات رسوبية أربعة في العمود الرسوبي كما هو واضح من الجدول (5) والشكل (5)، حيث أن هنالك تغاير بمعدلات المعادن الثقيلة للدورات الرسوبية الأربع، فالمعادن فوق المستقرة والتي يرمز لها ZRT تظهر في الدورات العليا، خاصةً الثالثة وتختفي في الدورات الثانية والأولى وظهور السلستايت في الدورة الثانية مع زيادة معدلاته في أعلى العمود الرسوبي وازدياد معدلات الكلورايت في أعلى العمود يصاحبها قلة معدلات معادن الپايروكسين في أعلى العمود الرسوبي. هذه كلها تشير الى أن تأثير التجوية الميكانيكية في أعلى العمود الرسوبي على منطقة المصدر تقل وتظهر تأثير التجوية الكيميائية (Mange and Maurer, 1992)، وبالتالي ممكن القول بأن ترسبات الدورات السفلى تم تجهيزها بالدرجة الأساس من رواسب نهر الفرات وسهله الفيضي، أما الدورات العليا ومع مرور الزمن حصلت تغيرات مناخية مما أدى الى الاختلاف في بيئة الترسيب، وخاصةً عند الانتقال من الفترات الباردة والجافة المتمثلة في نهاية البلايستوسين والانتقال الى الفترات الدافئة المطيرة والرطبة المتمثلة في بداية الهولوسين. وهذه التغيرات المناخية أكدتها دراسة بني (2001) على نفس العمود الرسوبي قيد الدراسة، مما أثر على المعادن الثقيلة واختلاف نسبها ونوع التجوية بحيث بدأت التجوية الكيميائية بالتأثير مع التجوية الميكانيكية وبالتالي فإن منطقة المصدر لتجهيز ترسبات هذه الدورات بالدرجة الأساس أصبح من التكوينات المتكشفة في طار النجف والصحراء الغربية ونسبة أقل من رواسب نهر الفرات.

الاستنتاجات

- من خلال دراسة التحليل ألحجمي للترسبات، تم تحديد النسب المئوية لكل من المكونات الأساسية للترسبات وهي الطين والغرين والرمل وكذلك تم تحديد أربعة دورات رسوبية في الموقع BN1 التي ظهر إن تدرج حبيباتها بتنعم نحو الأعلى (Fining upward) وهذا يدل على أن البيئة الترسيبية هي بيئة نهرية والطاقة الحركية للنقل هادئة لغلبة الوحل على الترسبات.
- الحجم السائد لحبيبات الرمل هو الناعم الى الناعم جداً وأشكال الحبيبات مدورة مما يدل على أنها نقلت من مسافات بعيدة.
- اشتقت المعادن الثقيلة في ترسبات منطقة الدراسة من مصادر ذات صخور نارية ومتحولة ورسوبية قديمة والمتعرضة إلى عمليات الدهك (Reworking). إن وجود معادن الهورنبلند والپايروكسين والكلورايت والبايوتايت والمعادن المعتمة يدل على إن أصلها من الصخور النارية الموجودة في تركيا وسوريا التي نقلت بواسطة نهر الفرات أثناء مروره بهذه المناطق قبل دخوله الأراضي العراقية، إما معادن الأپيدوت والگارنت والمعادن المعتمة والكاياناية فان أصلها من الصخور المتحولة الموجودة في نفس المناطق.
- وجود النسب العالية من المعادن الشفافة غير المستقرة والمتمثلة بمعادن الهورنبلند والپايروكسين دليل على إن منطقة الأصل ذات مناخ جاف أو شبة جاف وان التجوية الميكانيكية على صخور المصدر هي أكثر تأثيرا من التجوية الكيميائية، خاصةً في أسفل العمود الرسوبي، بينما في الدورات الرسوبية العليا يزداد تأثير التجوية الكيميائية ويكون الأثر في اختلاف معدلات المعادن الثقيلة نظرا لاختلاف بيئة الترسيب لاختلاف المناخ وتبدله الى المناخ الرطب والممطر. كذلك تعطي دليل على إن مصدر الترسبات الرئيسي لمنخفض بحر النجف هو رواسب نهر الفرات الغنية بهذه المعادن بالإضافة إلى ما نقل إلى المنخفض من معادن من التكوينات المتكشفة في طار النجف والصحراء الغربية من خلال الوديان الموسمية.
- يكون انتشار المعادن فوق المستقرة والمتمثلة بمعادن الزركون والتورمالين والروتايل في ترسبات منطقة الدراسة قليلاً أو معدوماً في اغلب النماذج المدروسة وذلك لافتقار نهر الفرات لهذه المعادن.

شكر وتقدير

نتقدم بالشكر والتقدير إلى قسم علم الأرض في كلية العلوم، جامعة بغداد، والشكر إلى هيأة المسح الجيولوجي العراقية لدعمهما العمل وتقديم المساعدات اللازمة لإنجاز هذه الدراسة.

المصادر

البصام، خلدون، 2000. التأثيرات الجيولوجية على بيئة نهر الفرات. البرنامج الوطني الأمثل للموارد المائية في حوض الفرات، المحور 1 - 3، تقرير داخلي، وزارة الزراعة.

البصام، خلدون والمختار، لمى عز الدين، 2008. المعادن الثقيلة في رواسب نهر الفرات في العراق .مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية، المجلد 4، العدد 1، ص 29 - 41.

البيداري، أزهار بولص، 1997. رسوبية وجيوكيميائية وتقييم صخور تكوين إنجانة في منطقة النجف - كربلاء، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 208 صفحة.

الحديثي، عبد الحميد، 1989. البيئة الترسيبية والتحليل السحني لمكاشف تكوين العامج، الوحدة الفتاتية، الصحراء الغربية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد.

الخفاجي، رعد محمود نصيف، 1990. الجيوكيميائية والمعادن الثقيلة والطينية لرسوبيات الوديان بين هيت وشثاثة، غرب العراق. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 144 ص.

المختار، لمى عز الدين، 2010. استخدام المعادن الثقيلة للمقارنة بين تكوينات العصر الجوراسي والكريتاسي في الصحراء الغربية العراقية. جيوسيرف، تقرير داخلي رقم 3213.

المختار، لمى عز الدين ومنخي، أوس عبد الرحمن، 2009. دراسة الترسبات النهرية في طار النجف. جيوسيرف، تقرير داخلي رقم 3170.

بني، ثائر جرجيس، 2001. التاريخ الرسوبي والمناخ القديم لمنخفض بحر النجف في أثناء العصر الرباعي المتأخر في منخفض بحر النجف. رسالة ماجستير غير منشورة. كلية العلوم، جامعة بغداد، 148 صفحة.

جبار، شبعاد صبري، 1983. دراسة رسوبية وجيوكيميائية السهل الرسوبي من المحمودية إلى مندلي. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 161 صفحة.

طوبيا، فرج حبيب، 1983. جيوكيمائية ومعدنية ترسبات الحديد لتكوين الكعرة في منطقة الصحراء الغربية العراقية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 197 صفحة.

مصطفى، جليل عابد، 1986. مقارنة جيوكيمائية ومعدنية وصخارية بين ترسبات خامات الرمال الزجاجية في الصحراء الغربية العراقية. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 230 صفحة.

Barwary, A.M. and Slewa, N.A., 1994. The geology of Karbala Quadrangle, sheet NI-38-14, scale 1: 250 000, GEOSURV, Baghdad, Iraq.

Buday, T. and Jassim, S.Z., 1987. The Regional Geology of Iraq. Vol.2, Tectonism, Magmatism and Metamorphism. In: I.I., Kassab and M.J., Abbas (Eds.). GEOSURV, Baghdad, 352pp.

Folk, R.L., 1966. A review of grain size parameters. Sedimentology, Vol.6, p. 73 – 93.

Fouad, S., 2010. Tectonic and Structure of the Mesopotamia Foredeep. Iraqi Bull. Geol. Min., Vol.6, No.2, p. 41 – 53.

Fuchtbaver, H., 1974. Sediments and Sedimentary Rocks, Eschw-eizerbart scheverlag subch and Lung (Nagle V.obsmiller) Stuttgart, 464pp.

Heinrich, E.W.M., 1965. Microscopic Identification of Minerals. McGraw Hill Book Co. 413pp.

Jalal, M.S., 1977. Sedimentological Investigation of the Dibdibba Formation, Southern and Central Iraq, Unpub. M.Sc. Thesis, Department of Geology, University of Baghdad, 148pp.

Mange, M.A. and Maurer, H.F., 1992. Heavy Minerals in Colures. Chapman and Hall, 147pp.

Mange, M.A. and Wright, D.T., 2007. Heavy Minerals in Use. Elsevier, Radarweg 29, Amsterdam, the Netherlands, 1283pp.

Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1973. Sand and Sandstone. Springer-Verlag, New York, 618pp.

Philip, G., 1966. Mineralogy of recent sediments of Tigris and Euphrates rivers and some of the older detrital deposits. Jour. Sed. Pet., Vol.38, No.1, p. 35 – 44.

Pichler, H. and Schmitt, R.C., 1997. Rock Forming Minerals in Thin Section. Translated by: Hoke, L. Chapman and Hall, New York, 380pp.

Schneiderman, J.S. and Chen, Z., 2007. Interpretation of Quaternary tectonic and environmental change using heavy minerals of the Yangtze Delta Plain. Development in Sedimentology, Vol.58, p. 607 – 620.

Velde, B. and Meunier, A., 2008. The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg; 406pp.

Yacoub, S.Y., Purser, B.H., Al-Hassani, N.H., Al-Azzawi, M., Orzag-Sperber, F., Hassan, K.M., Plaziat, J.C. and Younis, W.R., 1981. Preliminary study of the Quaternary sediments of SE Iraq. Joint project between the Geological Survey of Iraq and Univ. of Paris XI, Orsay (Unpublished report).

About the authors

Dr. Thair J. Benni, graduated from University of Baghdad in 1981, with B.Sc. degree in Geology, he got his M.Sc. and Ph.D. degrees from the same university in 2001 and 2009, respectively in Quaternary sediments and Remote Sensing. He joined GEOSURV in 1990, currently; he is working as a Chief Senior Geologist in Geology Department. His main field of interest is using Remote Sensing and GIS technique in Geochemical and Environmental Geology. He has 21 documented reports and published papers.

e-mail: thairjbenni@yahoo.com
thair582009@hotmail.com
Mailing address: S.C. of Geological Survey and Mining,
P.O. Box 986, Baghdad, Iraq

Dr. Balsam S. Al-Tawash, graduated from University of Baghdad in 1978, with B.Sc. degree in Geology, she got her M.Sc. and Ph.D. degrees from the same university in 1982 and 1996, respectively in Quaternary Geology. She joined University of Baghdad in 1982, as Assistant lecturer. Present position is Assistant Professor. Her main field of interest is Palaeoclimate, Quaternary and Environmental Geology. She has 15 published articles.

Mailing address: Department of Geology, College of Science, University of Baghdad, Iraq.