University of Mosul
College of Science
Department of Geology

Palynology Study and Organic Geochemistry of Ora Formation (Late Devonian- Early Carboniferous) from selected sections in Iraq

Rahma Sael Abd Mashaal Al-Auqadi

Ph.D Thesis

Geology / Paleontology and Stratigraphy

Supervised By

Prof. Dr. Ali Ismail Al-Juboury

1446 A.H. **2024 A.D.**

ABSTRACT

Organic geochemistry of the Ora Formation in one surface and two subsurface sections has been conducted based on pyrolysis and biomarker analyses supported by palynofacies and organic petrographic to evaluate the source rock potentiality and reconstruction of the depositional environment. Fifty-two samples were analyzed to determine the pyrolysis parameters. For biomarker content, six samples were analyzed to interpret the biological source of organic matter, thermal maturity, and depositional environmental conditions. Palynofacies analysis is conducted on thirty surface and three subsurface samples, while organic petrographic study was focused on eight surface and three subsurface samples in order to determine the types of palynomorphs and organic matter and conclude their depositional environments, paleoenvironmental indications and possible hydrocarbon-generating potential. Mineralogical study using X-Ray diffraction and scanning electron microscopy was conducted to support paleoenvironmental reconstruction. The Total Organic Carbon (TOC) content is classified as poor to excellent. The low or lean TOC values relate to the influence of high clastic input, sedimentation rate, prevailing oxic environment during deposition and effects of weathering. The HAWK pyrolysis results revealed limited potential in the surface section while potential is favorable in the subsurface sections. Surface samples are either highly mature, highly weathered (oxidized), or both. Conversely, a mixed composition of kerogen types III and II-III, with the organic matter being immature were recognized in subsurface sections. The aromatic fractions of the Ora Formation in Akkas-1 and Akkas-3 extracts include high abundance of alkylated naphthalenes with presence of phenanthrene and methylphenanthrene, dibenzothiophene and methyldibenzothiophene in addition to aromatic steroids. The high abundance of amorphous organic matter in subsurface section of the Ora Formation and the smooth normal alkanes distribution with short-chain predominance with maximum at (*n*-C_{17}, *n*-C_{18}, and *n*-C_{19}), and low abundance of

>*n*-C_{20} may indicate the marine planktonic organic materials, mostly algae for the studied organic matter source. This is also supported by CPI values which are very near to one and do not change with depth and the high value of C_{27} reflects high contribution of marine planktonic algal organic matter. The organic matter of Ora Formation (in subsurface section) is immature-early mature. This is indicated by T_{max} values, fluorescence color and normal alkanes distribution. The GC and GC-MS analyses of the light hydrocarbons suggest the hydrocarbons are highly mature in the selected subsurface samples as indicated by Ts/Tm, moretane/hopane, homohopane and steranes isomerization ratios, and triaromatic steroid parameters. The palynofacies and organic petrographic analyses revealed that the shales of the Ora Formation in surface section were deposited under shallow marine conditions with dominant oxic–dysoxic conditions and some intervals of anoxia which also supported by common detrital influx, low TOC content and presence of iron oxides and hydroxide minerals as indicated from XRD and SEM. Whereas, the shales in subsurface sections were deposited under marine anoxic conditions as indicated by relatively high TOC values, low Pr/ Ph ratios (generally less than 1) absence of bioturbation and common pyrite. A distinctive difference between the surface and subsurface sections of the Ora Formation in thermal maturity and composition of organic matter with increasing in the thermal maturity gradient and quality of organic matter toward the north is observed. The areas in the middle way between the studied sections are predicted to have intermediate thermal maturity and more hydrocarbon production. Pyrolysis results indicate that the Ora Formation is immature or at the early maturity, while the biomarker samples indicate that it is highly mature. The biomarker values are for highly mature oil, which has not been studied previously and appears for the first time in the Akkas field. The rocks from which these hydrocarbons likely originated are expected to locate in the older Khabour Formation.

الملخص

تمت دراسة الجيوكيمياء العضوية لتكوين اورا في مقطع سطحي ومقطعين تحت سطحيين بالاعتماد على الانحلال الحراري ومحتوى الدلائل الحياتية (البايوماركر) معززا بتحليل السحنات البالينولوجية وبتروغرافية المواد العضوية لتقييم قابلية الصخور كصخور مصدرية واعادة تقييم البيئة القديمة. اذ اختير ٥٢ نموذج لتحليل معاملات الانحلال الحراري, أما بالنسبة لمحتوى الدلائل الحياتية فقد تم اختيار ستة نماذج لتفسير الاصل الحياتي للمواد العضوية والنضوج الحراري وتفسير ظروف البيئات الترسيبية.

أما تحليل السحنات البالينولوجية فقد اشتمل على ثلاث وثلاثين نموذج سطحي وثلاث نماذج تحت سطحية وحسب المتوفر بينما تضمنت دراسة بتروغرافية المواد العضوية على ثمانية نماذج سطحية وثلاث تحت سطحية لتشخيص انواع البالينومورفات والمواد العضوية واستنتاج نوعية البيئات الترسيبية والظروف البيئية القديمة واحتمالية القدرة على توليد الهايدروكابرونات.الدراسة المعدنية باستخدام جهاز حيود الاشعه السينية والمجهر الماسح الالكتروني تمت للمساعدة في تقييم البيئة القديمة.

اجمالي المواد العضوية صنف بانه فقيرة الى ممتاز لكلا المواقع السطحية وتحت السطحية. أن القيم القليلة لاجمالي المواد العضوية قد تعزى الى تأثير تدفق المواد الفتاتية العالية ونسب الترسيب وشيوع الظروف المؤكسدة خلال الترسيب بالاضافة الى تأثير عوامل التجوية.

كما اوضحت نتائج الانحلال الحراري بان هناك قدرة محدوده على توليد الهايدروكاربونات في النماذج السطحيه في حين ان القدرة تكون ممتازة في النماذج تحت السطحية اذ ان النماذج السطحية تكون اما ناضجة جدا او متأثرة بالتجوية والاكسدة بشكل عالي او كلاهما وعلى العكس من ذلك تكون النماذج تحت السطحية ذات تركيب ممزوج من الكيروجين من النوع الثالث او الثاني–الثالث مع نوعية مواد عضوية غير ناضجة.

تحوي الاجزاء الاروماتية لتكوين اورا ضمن الابار عكاس ١ وعكاس ٣ على تواجد عالي من alkylated naphthalenes مع وجود للمكونات Phenanthrene, methylphenanthrene, dibenzothiophene, methyldibenzothiophene, aromatic steroids.

التواجد العالي للمواد العضوية الغير متبلورة في المقطع تحت السطحي للبئرعكاز ٣ والتوزيع الاعتيادي الناعم للالكينات مع شيوع السلاسل القصيره بمستوى عالي لـ n-C_{17}, n-C_{18}, and n-C_{19} مع التواجد القليل للنوعn-C٢٠.ربما يدل على الاصل البحري للطافيات كأصل للمواد العضوية واغلبها من الطحالب.

ويساعد ذلك ايضا قيم CPI القريبة من واحد والتي لا تتغير مع العمق مع القيم العالية للكاربون٢٧والتي تعكس كذلك الاضافة او الاصل البحري للطافيات والطحالب.

تكون المواد العضوية لتكوين اورا في المقطع تحت السطحي غير ناضجة وهذا تم الاستدلال عليه من خلال قيم T_{max}

ولون الفلورسنت للمواد العضوية وتوزيع الالكينات الاعتيادي. كما اظهرت تحاليل كروماتوغرافيا الغاز بان الهايدروكابونات الخفيفة هي عالية النضوج في النماذج تحت السطحية المختارة ضمن الدراسة الحالية وهذا تم الاستدلال عليه من خلال المركبات والمعاملات التالية

Ts/Tm, moretane/hopane, homohopane, steranes isomerization ratios, triaromatic steroid.

اظهرت دراسة السحنات البالينولوجية وبتروغرافية المواد العضوية بان الصخور السجيلية والجيرية الطينية لتكوين اورا في مقطعه السطحي قد ترسبت في بيئة بحرية ضحلة مع شيوع ظروف الاكسده

oxic-dysoxicمع وجود بعض الفترات من الظروف السمية anoxic ومعززة بتدفق فتاتي مع تواجد قليل للمواد العضوية ووجود لاكاسيد وهايدروكسيدات الحديد كما استدل عليه من خلال تحليل حيود الاشعة السينية والمجهر الماسح الالكتروني. في حين ان تلك الصخور بالمقاطع تحت السطحية قد ترسبت على الاغلب في ظروف قلة الاوكسجين السمية بدليل التواجد العالي للمادة العضوية و قلة نسبة (البرستين / الفايتين) عموما اقل من ١ وفقدان التعكر الاحيائي فضلا عن شيوع البايرايت فيها.

ان الفرق المميز بين المقاطع السطحية والتحت سطحية في النضوج الحراري وتركيب المواد العضوية مع زيادة انحدار النضوج الحراري ونوعية المواد العضوية باتجاه الشمال يبدو واضحا. ومن المتوقع ان المواقع الوسطية مابين المقاطع المدروسة غربي وشمالي العراق ان تكون بنضوج حراري متوسط وقابلية انتاج هايدروكاربوني اعلى.

اظهرت نتائج الانحلال الحراري لصخور تكوين اورا بانها غير ناضجة او في بداية النضوج مقارنة مع نتائج الدلائل الحياتية تدل على انها عالية النضوج. ان قيم الدلائل الحياتية تلك تظهر نفوطاً عالية النضوج والتي لم تسجل سابقا وظهرت لاول مرة في ابار حقل عكاس والتي تظهر تكونها من مواقع اسفل منها والمتوقع انها من تكوين الخابور.

جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الموصل

كلية العلوم

دراسة بالينولوجية والجيوكيمياء العضوية لتكوين اورا (الديفوني المتأخر – الكاربوني المبكر) في مقاطع مختارة في العراق

رحمة صائل عبد مشعل العكيدي

اطروحة دكتوراه

علوم الارض\ متحجرات وطباقية

باشراف

أ.د. علي اسماعيل عبدالله الجبوري

١٤٤٦ هـ

٢٠٢٤م