University of Mosul
College of Sciences

Source Rock Evaluation and Organic Geochemistry of Middle Jurassic Sargelu Formation and Upper Triassic Kurra Chine Formation from Selected Wells Northern Iraq

Arwa Mohammed Said Abd Al-Dolaimy

Ph.D. Thesis

Geology/Geochemistry

Supervised by

Assist. Prof

Dr. Aahed Younis Al-Mallah

Assist. Prof

Dr. Fawzi Mardan Al-Beyati

1443 A.H **2021 A.D**

Abstract

Source rock evaluation based on pyrolysis and organic geochemistry was performed on shales and argillaceous limestone from Middle Jurassic (Sargelu Formation) and Upper Triassic (Kurra Chine Formation) in selected wells (Ain Zalah, Baiji, and Jabal Kand) northern Iraq.

Fifty-six cutting samples from six wells located in northern Iraq were analyzed to determine the pyrolysis parameters, as well as eight rock samples, were analyzed for biomarker content to interpret the biological source of organic matter, thermal maturity, and depositional environment conditions. On the other hand, six other samples were analyzed to identify isotopes of carbon. All these samples are mainly obtained from the North Oil Company in Kirkuk, Iraq.

From the point of view of total organic carbon (TOC) values, Sargelu Formation is rich in organic matter and classified as a good (Ain Zalah) to a very good (Baiji) and excellent (Jabal Kand) source rock based on TOC% content, whereas the Kurra Chine Formation has the low potentiality to generate hydrocarbons as classified as poor (Ain zalah, Jabal Kand) to fair (Baiji) source rock.

Depending on pyrolysis data and using the Tmax versus HI plot, which is used to identify kerogen and maturity. The results indicate that the analyzed samples of the Sargelu Formation in the well of Ain Zalah lie within the mature zone (oil window), of type III kerogen. While the samples of wells Baiji and Jabal Kand wells fall within the immature zone and graded to mature zone with kerogen of type II and type II-III in both Sargelu and Kurra Chine formations. The Rock-Eval data are not always sufficient to define the kind of organic matter through the use of the van Krevelen diagram because HI and OI are affected by both matrix mineralogy and the kerogen mixture. For accurate assessments of the source rocks, gas chromatography has been relied on, which provides a direct indication of the type of kerogen as well as the hydrocarbons that kerogen can generate during maturity. Gas chromatography analysis indicates that all selected samples contained type II kerogen.

The original hydrogen index calculated ranges from 482 to 546 and at a rate of (510) mg HC / g TOC, which is significantly higher than the measured hydrogen index (124) indicating that the main source of organic matter was oil-prone type II. This coincides with the inference deduced by the Pristane/nC_{17} versus Phytane/nC_{18} diagram which shows that Ain Zalah samples located within the field of type II organic matter deposited under reducing conditions. Also, all samples are not affected by biodegradation.

Pr/n-C_{17}, Ph/n-C_{18}, and sterane, diasterane distribution indicate that the source of organic matter in the samples analyzed is predominately marine algae and bacteria. This is supported by the predominance of C_{23} tricyclic compared to C_{19} tricyclic terpanes and the greater amount of C_{23} tricyclic than C_{24} tricyclic terpane.

The biomarkers related to maturation such as diasterane/sterane, Ts/(Ts+Tm), and C_{29}Ts/C_{29} hopane show that the Ain Zalah samples (Sargelu Formation) are within early mature (oil window). The highest value of the TAS/ (MAS+TAS) ratio was found in Ain Zalah samples (Sargelu Formation), indicates the occurrence of an aromatization process with increasing thermal maturation.

Carbon isotopes analyses and canonical variable support the previous conclusions that the depositional environment of source rock of the Sargelu and Kurra Chine formations are marine.

Basin modeling results were used to reconstruct the burial history, temperature, and forecast the timing of oil generation. The burial /thermal history models indicate that the source rocks of the Sargelu and Kurra Chain formations passed the oil generation window in the late Miocene in the Baiji and Ain Zalah wells, while in the Jabal Kand well the rocks entered the maturity stage at the end of the Paleocene. The basin modeling results also indicate that the Sargelu Formation sedimentation was very rapid in the middle Jurassic, which reflects the case of sedimentation and rapid burial which led to the good preservation of the organic matter.

المستخلص

تم إجراء تقييم صخور المصدر بناءً على الانحلال الحراري والجيوكيمياء العضوية على السجيل الحجر الجيري الصلصالي الجوراسي الأوسط (تكوين ساركلو) والترياسي العلوي (تكوين الكراجينه) في آبار مختارة (عين زالة وبيجي وجبل قند) في شمال العراق.

تم تحليل ستة وخمسين عينة قطع من ستة آبار تقع في شمال العراق لتحديد معايير الانحلال الحراري ،بالإضافة إلى ثماني عينات صخرية تم تحليلها لمحتوى العلامات الاحيائية لتفسير المصدر البيولوجي للمادة العضوية ، والنضج الحراري ، وظروف البيئة الترسيبية. من ناحية أخرى ، تم تحليل ست عينات أخرى لتحديد نظائر الكربون. تم الحصول على جميع هذه العينات بشكل رئيسي من شركة نفط الشمال في كركوك ، العراق.

من وجهة نظر إجمالي قيم الكربون العضوي TOC، فإن تكوين ساركلو غني بالمواد العضوية والمصنف من صخور جيدة (عين زالة) إلى صخرة جيدة جدًا (بيجي) وممتازة (جبل قند) بناءً على محتوى TOC ٪ ، بينما يتمتع تكوين الكراجينه بإمكانية منخفضة لتوليد الهيدروكربونات المصنفة على أنها فقيرة (عين زالة، جبل قند) إلى صخور المصدر العادلة (بيجي).

اعتمادًا على بيانات الانحلال الحراري واستخدام مخطط Tmax مقابل HI ، والذي يستخدم لتحديد الكيروجين والنضج. تشير النتائج إلى أن العينات التي تم تحليلها من تكوين ساركلو في بئر عين زالة تقع ضمن المنطقة الناضجة (نافذة الزيت), والكيروجين من النوع III. بينما تقع عينات بئري بيجي وجبل قند ضمن المنطقة غير الناضجة ومتدرجة إلى منطقة النضج مع الكيروجين من النوع II والنوع II–III في كل من تكويني ساركلو وكراجينه. بيانات Rock–Eval ليست كافية دائمًا لتحديد نوع المادة العضوية من خلال استخدام مخطط van krevelen لأن HI و OI يتأثران بكل من معادن المادة البينية ومزيج الكيروجين. لإجراء تقييمات دقيقة لصخور المصدر ، تم الاعتماد على كروماتوغرافيا الغاز ، والتي توفر مؤشرًا مباشرًا لنوع الكيروجين وكذلك الهيدروكربونات التي يمكن أن يولدها الكيروجين أثناء النضج. يشير تحليل كروماتوغرافيا الغاز إلى أن جميع العينات المختارة تحتوي على النوع الثاني من الكيروجين.

يتراوح مؤشر الهيدروجين الأصلي المحسوب من 482–546 وبمعدل 510mg HC / g TOC ، وهو أعلى بكثير من مؤشر الهيدروجين المقاس (124) مما يشير إلى أن المصدر الرئيسي للمادة العضوية كان من النوع المعرض للزيت II. يتزامن هذا مع الاستدلال المستخلص من مخطط Pristane / nC_{17} مقابل Phytane / nC_{18} الذي يوضح أن عينات عين زالة تقع داخل حقل المادة العضوية من النوع II والمترسبة في ظل ظروف مختزلة، كما ان جميع العينات المدروسة غير متأثرة بعمليات التحلل البيولوجي.

يشير توزيع Pr / n–C $_{17}$ و Ph / n–C $_{18}$ و sterane و diasterane إلى أن مصدر المادة العضوية في العينات التي تم تحليلها هو في الغالب الطحالب البحرية والبكتيريا. ويدعم ذلك غلبة C_{23} ثلاثية الحلقات مقارنة بـ C19 تربين ثلاثية الحلقات وكمية أكبر من C23 ثلاثية الحلقات مقارنة بـ C_{24} تربين ثلاثي الحلقات.

تظهر المؤشرات الحيوية المتعلقة بالنضج مثل diasterane / sterane و (Ts + Tm) / Tsو C_{29}Ts / C_{29} hopane أن عينات عين زالة (تكوين ساركلو) هي في مرحلة النضج المبكر (نافذة الزيت). ووجدت أعلى قيمة لنسبة (MAS + TAS) / TAS في عينات عين زالة (تكوين ساركلو، مما يشير إلى حدوث عملية ألارومتية مع زيادة النضج الحراري.

تدعم تحليلات نظائر الكربون وقيم .C.V الاستنتاجات السابقة بأن البيئة الترسيبية لصخور المصدر لتكويني ساركلو وكراجين هي بيئة بحرية.

تم استخدام نتائج نمذجة الحوض لإعادة بناء تاريخ الدفن ودرجة الحرارة والتنبؤ بتوقيت توليد النفط. تشير نماذج تاريخ الدفن / التاريخ الحراري إلى أن صخور المصدر لتكويني ساركلو وكراجينه مرت بنافذة توليد النفط في أواخر عصر المايوسين في بئري بيجي وعين زالة ، بينما في بئر جبل قند دخلت الصخور مرحلة النضج في نهاية عصر الباليوسين. تشير نتائج نمذجة الحوض أيضًا إلى أن ترسيب تكوين ساركلو كان سريعًا جدًا في وسط العصر الجوراسي ، مما يعكس حالة الترسيب والدفن السريع مما أدى إلى الحفاظ الجيد على المادة العضوية.