Petroleum Geology

جيولوجيا البترول

المحاضرة الثامنة

الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية

Dr. M. Riad ALGHAZZI
SPU-2019/2020

الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية

مقدمة:

يوجد عدد كبير من الأدلة التي تؤكد بأن التراكمات الهيدروكربونية هي عبارة عن حصيلة نهائية لتاريخ طويل هاجرت خلاله هذه المواد اعتباراً من الصخور المصدرية التي تشكلت فيها ، لتتراكم بعد أن عانت من جملة من التغيرات في المصائد الهيدروكربونية المختلفة.

يمكننا أن نذكر على سبيل المثال من بين أهم هذه الأدلة ما يلي:

1. تواجد كثير من التراكمات الهيدروكربونية في أعماق ضحلة غير كافية لتحويل المادة العضوية إلى كميات ونوعيات مناسبة من النفط والغاز.
2. تراكم المواد الهيدروكربونية النفطية والغازية في القمم البنيوية.
3. تواجد بعض التراكمات النفطية في صخور نارية أو متحولة.
4. وجود الآبار البترولية غزيرة التدفق Gushers (لقد كانت هذه الظاهرة شائعة في الحقول النفطية الجديدة قبل الحرب العالمية الثانية ، لكنها أصبحت حالياً أكثر ندرةً ، على الرغم من أنها ما زالت تحدث بين زمن وآخر.).
5. تعدد المستويات الخازنة في الحقل الواحد ، حيث لا توجد ولو حالة واحدة في الأحواض الغنية جداً ينحصر فيها النفط في صخور خازنة من عمر واحد ، ويفوق عدد المستويات الخازنة في الحالة العامة عدد المستويات الصخرية ، التي يمكن الاعتقاد بأنها تمثل الصخور المولدة.

الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية

6. تواجد معظم التجمعات النفطية في صخور يستبعد أن تكون قادرةً على حفظ المواد العضوية ، وذلك كالحجر الرملي ، الذي يعد من أكثر الصخور الخازنة شيوعاً.

7. وجود الشواهد التي تدل على وجود تراكمات نفطية سابقة ، حيث تظهر في العديد من المصائد الجافة بقع نفطية ثقيلة لا يمكن إزالتها بالمذيبات العضوية العادية ، مما يدل على أن هذه الصخور كانت تحتوي سابقاً على تراكمات بترولية ، وأن هذا النفط قد هاجر من مكانه بسبب تدفق المياه أو عن طريق أية آلية أخرى.

8. وجود النفط في الفجوات والكسور ، التي تكونت بعد دفن ، وتصلب الصخور المضيفة.

9. وجود التسربات النفطية السطحية.

تصنيف هجرة المواد الهيدروكربونية:

تقسم هجرة المواد الهيدروكربونية إلى أنواع مختلفة تختلف باختلاف الأساس ، الذي تم الاعتماد عليه في التقسيم ، وفيما يلي بعض الأسس التي يعتمد عليها في تقسيم الهجرات ، وأهم أنواع الهجرات وفقاً لهذه الأسس:

- على أساس طبيعة الحركة ، أو الهجرة ، حيث يميز بين الأنواع التالية:
  1. هجرة حرة Free migration.
  2. هجرة على شكل محاليل Solution migration.
  3. هجرة بالانتشار Diffusion migration.
- اعتماداً على مدى الهجرة ، ويميز هنا بين :
  1. هجرة محلية Local migration.
  2. هجرة إقليمية Regional migration.
- اعتماداً على طريق ، أو اتجاه الهجرة:
  1. هجرة جانبية Lateral migration.
  2. هجرة رأسية Vertical migration.
- اعتماداً على مكان وزمن الهجرة ، ويميز هنا بين:
  1. هجرة أولية Primary migration.
  2. هجرة ثانوية Secondary migration.
  3. هجرة ثالثة Tertiary migration.

من الجدير ذكره أنه بالإضافة إلى مكان وزمن الهجرة:

فإنه يتم أيضاً التمييز بين كل من الهجرة الأولية والثانوية بسبب اختلاف ميكانيكية كل منهما ، وبسبب اختلاف خصائص المقاييس المسامية في الصخور التي يحدثان فيها ، حيث تتحرك المواد الهيدروكربونية أثناء الهجرة الأولية داخل الصخور الأم ذات الحبيبات الناعمة ، ومنها نحو الصخور الخازنة ، ولمسافات قصيرة ، تكون في معظم الأحيان من مرتبة الأمتار أو عشرات الأمتار ،

بينما تحدث الهجرات الثانوية عادةً ضمن الصخور النفوذة ، ولمسافات طويلة يمكن أن تصل إلى عدة كيلومترات ، أما مصطلح الهجرة الثالثة فهو يعبر عن هجرة المواد الهيدروكربونية ، من الأماكن التي كانت قد تراكمت فيها سابقاً.

أهمية دراسة الهجرة:

من المهم أن يسأل المختص في مجال الاستكشاف ما هي الفائدة من دراسة الهجرة. نعود للإجابة عن هذا السؤال إلى نوعي الهجرة الرئيسين ، وهما الهجرة الأولية والهجرة الثانوية.

تكمن أهمية دراسة الهجرة الأولية في الاستكشاف في معرفة نوعية المواد الهيدروكربونية المطرودة من الصخر المولد ، هل هي مواد هيدروكربونية سائلة أم غازية ، وفي معرفة كفاية هذا الطرد التي تقدر بالنسبة للمواد الهيدروكربونية السائلة في الصخور المجاورة بحوالي 50%(بعد الوصول إلى عتبة الطرد) ، وكذلك في تقدير زمن حدوث هذا الطرد ، فطرد المواد الهيدروكربونية من الصخور المولدة يحدث بشكلٍ متزامنٍ مع عمليات التوليد ، وذلك للتحرر من الضغط الزائد الناجم عن التوليد وارتفاع الحرارة.

من المهم أن نستخدم معرفتنا للهجرة الثانوية في تحديد :

- الطرق الرئيسة التي تمت الهجرة عبرها ،
- وكذلك الحواجز التي سببت في تعديل طرق هجرة المواد الهيدروكربونية ، أو التي سببت في إيقافها ،
- وكذلك ما هي المسافات الجانبية والرأسية التي يمكن لهذه المواد أن تكون قد اجتازتها ،

فالهجرة الجانبية على سبيل المثال تتأثر إلى حدٍ كبير بتكتونية وتاريخ ترسيب الحوض ، كما تتميز المواد الهيدروكربونية في الأحواض المستقرة تكتونياً بقدرة عالية على قطع مسافات كبيرة وتشكيل تراكمات عملاقة ، بينما من النادر أن يساعد التاريخ التكتوني والترسيبي للأحواض غير المستقرة تكتونياً في حدوث هجرة أفقية طويلة.

وبشكلٍ مختصر يحتاج الجيولوجي النفطي الاستكشافي إلى معرفة متى هاجرت المواد الهيدروكربونية وفي أي إتجاه تحركت ، وما هي المسافات التي قطعتها ، وما هي أهم التغيرات التي حصلت على هذه المواد مع ابتعادها عن الصخر المصدر.

الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية البترولية:

إن الهجرة الأولية هي بالتعريف حركة المواد الهيدروكربونية داخل الصخور الأم ذات الحبيبات الناعمة ، ومنها إلى الصخور الخازنة.

يتراوح الوزن الجزيئي للمركبات البترولية التي تنتقل عبر المسامات الضيقة والشقوق الشعرية أثناء الهجرة ضمن مجال واسع جداً ، اعتباراً من 16 وهو الوزن الجزيئي للميتان ، وحتى أكثر من 5000 كما هو الحال في الأسفلتينات ، لذلك فإنه يمكن لهذه المركبات أن تكون في الظروف الطبيعية من الحرارة والضغط في حالات مختلفة: غازية ، أو سائلة ، أو صلبة ، وإذا علمنا أن القطر الجزيئي الفعال للمركبات البترولية يتراوح بين 3.8 أنغستروم للميتان و 50 – 100 أنغستروم للأسفلتينات ، فإنه يمكننا أن ندرك أن قدرة هذه المركبات على الحركة ستختلف باختلاف نوعيتها.

الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية البترولية:

يشير العديد من الدراسات إلى أن الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية البيتومينية المتشربة بالمياه :

- تحدث في الصخور الأم التي تحتوي على 2% على الأقل من الكربون العضوي ،
- و تنتشر إلى المسامات الدقيقة وسطوح التطبق لتشكيل البيتومين المشبع بالماء ،

وعندما يتفكك البيتومين ليشكل النفط فإن الأخير يمتزج مع الغاز (بشكل رئيس الميتان ، وثاني أكسيد الكربون) ويهاجر كمزيج نفطي غازي ، حيث يمكن لهذا المزيج بالعلاقة مع ظروف الحرارة والضغط السائدين أن يحدث كطور هيدروكربوني مستقل.

الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية البترولية:

يمكن لتوليد وهجرة النفط الخفيف والمتكثفات والغاز أن يحدث أيضاً في ومن الصخور المصدرية التي تحتوي على أقل من 2% من الكربون العضوي بدون أي بيتومين كمرحلة متوسطة ، وتستطيع أصغر الجزيئات وأكثرها انحلالاً كالميتان ، والايتان ، والبنزن ، التولوين أن تهاجر على شكل محلول.

تتأثر حركة النفط والغاز خلال النظام المسامي في صخور تحت السطح بما إذا كان نظام المائع وحيد الطور أو متعدد الأطوار ، وفيما إذا كانت الجدر المسامية مبللة بالنفط أو بالماء.

يتميز الحد بين مائعين غير قابلين للامتزاج أو بين سائل وغاز بميزات لا تشبه أياً منهما ، لذلك فإنه يطلق على هذا الحد مصطلح السطح البيني ، ويطلق على القوى التي تؤثر على سطح التماس بالتوتر بين السطحي ، ويحدد التوتر بين السطحي في الأطوار غير المتمازجة إلى درجة كبيرة سلوك الجريان لنظام المائع متعدد الأطوار.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

ما زالت العمليات الفيزيائية لنقل المواد الهيدروكربونية من الطبقة المصدرية إلى الطبقة الخازنة بحاجة إلى مزيد من الدراسات والبحوث ، وقد اقترحت ميكانيكيات متعددة لهجرة هذه المواد داخل الصخور الأم ، ومنها إلى الصخور الخازنة ،

- ففي البداية كان الاعتقاد السائد ، ولزمن طويل بأن التراص الميكانيكي الذي يؤثر على الصخور الأم هو العامل الأكثر أهميةً في طرد المواد الهيدروكربونية المختلفة من الصخور المولدة ،
- لكن الدراسات اللاحقة قد بينت بأن تولد النفط والمواد الهيدروكربونية الغازية ، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون هو العامل الأكثر أهمية في طرد هذه المواد من الصخور المصدرية ، وذلك بسبب الضغوط العالية التي تنتج عن تولد هذه المواد ، والتي تجبر السوائل على الحركة ، والانتقال نحو سطوح التطبق ؛

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

ويؤثر على اتجاه حركة هذه السوائل عوامل كيميائية:

- وهي تشمل كل التغيرات الكيميائية التي تؤثر على النفوذية ، كالانحلال ، وإعادة التبلور ، والسمنتة ؛
- وعوامل فيزيائية(ميكانيكية) ، وهي تشمل وجود ، وتطور أنظمة التشققات التي تتأثر إلى حدٍ بعيد بالعوامل الكيميائية ، ويدخل ضمنها التراص الميكانيكي(لكن هذا العامل ينتهي مفعوله في كثير من الصخور المصدرية عند الأعماق التي تصل فيها درجة الحرارة إلى حوالي 93 م).

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

يمكن للمركبات البترولية أن تنتقل بطرائق مختلفة ، ويمكن من الناحية النظرية أن يكون الانتقال على شكل :

- أطوار غازية ،
- أو نفطية مستقلة ، على شكل قطرات من النفط ،
- أو فقاعات من الغاز ، على شكل محاليل غروية ومذيلات (Micellar) ،
- أو على شكل محاليل جزيئية حقيقية ، حيث يكون كل واحد من نماذج الانتقال هذه هو النموذج المفضل ضمن ظروف فيزيائية ، وكيميائية محددة تسود داخل الصخر الأم.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

يحدث انتقال المواد الهيدروكربونية:

- إما بشكلٍ تدفقي كلي ،
- أو عن طريق الانتشار ،

ويتطلب انتقال المركبات البترولية ، في أي من الطرائق السابقة إلى وجود نوع من الطاقة يساهم في حركتها وانتقالها ، وإن أكثر قوى الدفع في الصخور الأم شيوعاً ، والتي تسبب تدفق الكتلة الكلية للسائل هي الحرارة ، والضغط ،

لكن تدرج الضغط يعد هو المسؤول الرئيس المباشر ، أو غير المباشر عن حركة المركبات البترولية على شكل جريان السائل ، ويأتي التدرج الحراري بالدرجة الثانية.

أما بالنسبة لحركة المركبات البترولية بواسطة الانتشار فإنها تتناسب مع تراكيزها ، حيث تتحرك نحو التركيز الأقل ، ومن الأماكن ذات الجهد الكيميائي الأعلى إلى تلك ذات الجهد الكيميائي الأقل ، فيميل الميتان على سبيل المثال للانتشار تحت السطح من المناطق الدافئة نحو المناطق الباردة.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

1- الهجرة على شكل محلول: ويميز هنا بين الأشكال التالية:

- الهجرة على شكل محلول حقيقي ،
- الهجرة على شكل محاليل غروية ومذيلات ، هجرة المواد الهيدروكربونية مرتبطة ببعض المجموعات الوظيفية.

1-1 الهجرة على شكل محلول حقيقي:

يعتقد بأنه على الرغم من أن المواد الهيدروكربونية تتميز بانحلالية ضعيفة في المياه إلا أنه يمكن لهذه الانحلالية أن تكون كافية لنقل كميات هامة من البترول إذا كانت المياه متوفرة بشكلٍ كافٍ ، غير أن انحلالية المركبات البترولية ذات الأوزان الجزيئية المختلفة ليست واحدة ، وهي تختلف أيضاً بشكلٍ واضحٍ بين المركبات الهيدركربونية المشبعة الحلقية ، وغير الحلقية ، والمركبات العطرية(الجدول):

Compound	Price (1973,1976)	McAuliffe (1966)
Methane		24.4 ± 1
Ethane		60.4 ± 1.3
Propane		62.4 ± 2.1
n-butane		61.4 ± 2.1
Isobutane		48.9 ± 2.1
n-paraffins		
n-pentane	39.5 ± 0.6	38.5 ± 2.0
n-hexane	9.47 ± 0.20	9.5 ± 1.2
n-heptane	2.24 ± 0.04	2.93 ± 0.20
n-octane	0.431 ± 0.012	0.66 ± 0.06
n-nonane	0.122 ± 0.007	0.220 ± 0.021
	Isoparaffins	
2,3-dimethylbutane	19.1 ± 0.2	
2-methylbutane	13.0 ± 0.2	
2,4-dimethylpentane	4.41 ± 0.05	4.06 ± 0.29
2,3-dimethylpentane	5.25 ± 0.02	
2,2,4-trimethylpentane	1.14 ± 0.02	2.2 ± 0.12
Isopentane	48.0 ± 1.0	47.8 ± 1.6
2-methylhexane	2.54 ± 0.02	
3-methylheptane	0.792 ± 0.028	
4-methyloctane	0.115 ± 0.011	
	Bicycloparaffin	
Bicyclo[4.4.0] decane	0.889 ± 0.031	
	Napthoaromatic	
Indan	88.9 ± 2.7	
	Cycloparaffins	
Cyclopentane	160.0 ± 2.0	156.0 ± 9.0
Methylcyclopentane	41.8 ± 1.0	42.0 ± 1.6
n-propylcyclopentane	2.04 ± 0.10	
1,1,3-trimethyl-cyclopentane	3.73 ± 0.17	
Cyclohexane	66.5 ± 0.8	55.0 ± 2.3
Methylcyclohexane	16.0 ± 0.2	14.0 ± 1.2
1,trans-4-dimethyl-cyclohexane	3.84 ± 0.17	
1,1,3-trimethyl-cyclohexane	1.77 ± 0.05	
	Aromatics	
Benzene	1740.0 ± 17.0	1780 ± 45
Toluene	554.0 ± 15.0	515 ± 17
m-xylene	134.0 ± 2.0	
o-xylene	167.0 ± 4.0	175 ± 8
p-xylene	157.0 ± 1.0	
1,2,4-trimethyl-benzene	51.9 ± 1.2	57 ± 4

الانحلالية المائية لبعض المركبات البترولية المختارة

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

وبشكل عام فإنه كلما كانت المركبات الهيدروكربونية أقل وزناً جزيئياً ، كلما كانت أكثر انحلالاً في الماء ، بينما تعد المركبات الأروماتية ذات درجات الغليان المنخفضة كالبنزين(ذو الانحلالية 1740جزء بالمليون) ، والتولوئين(ذو الانحلالية 554جزء بالمليون) من بين أكثر المركبات الهيدروكربونية البترولية انحلالاً.

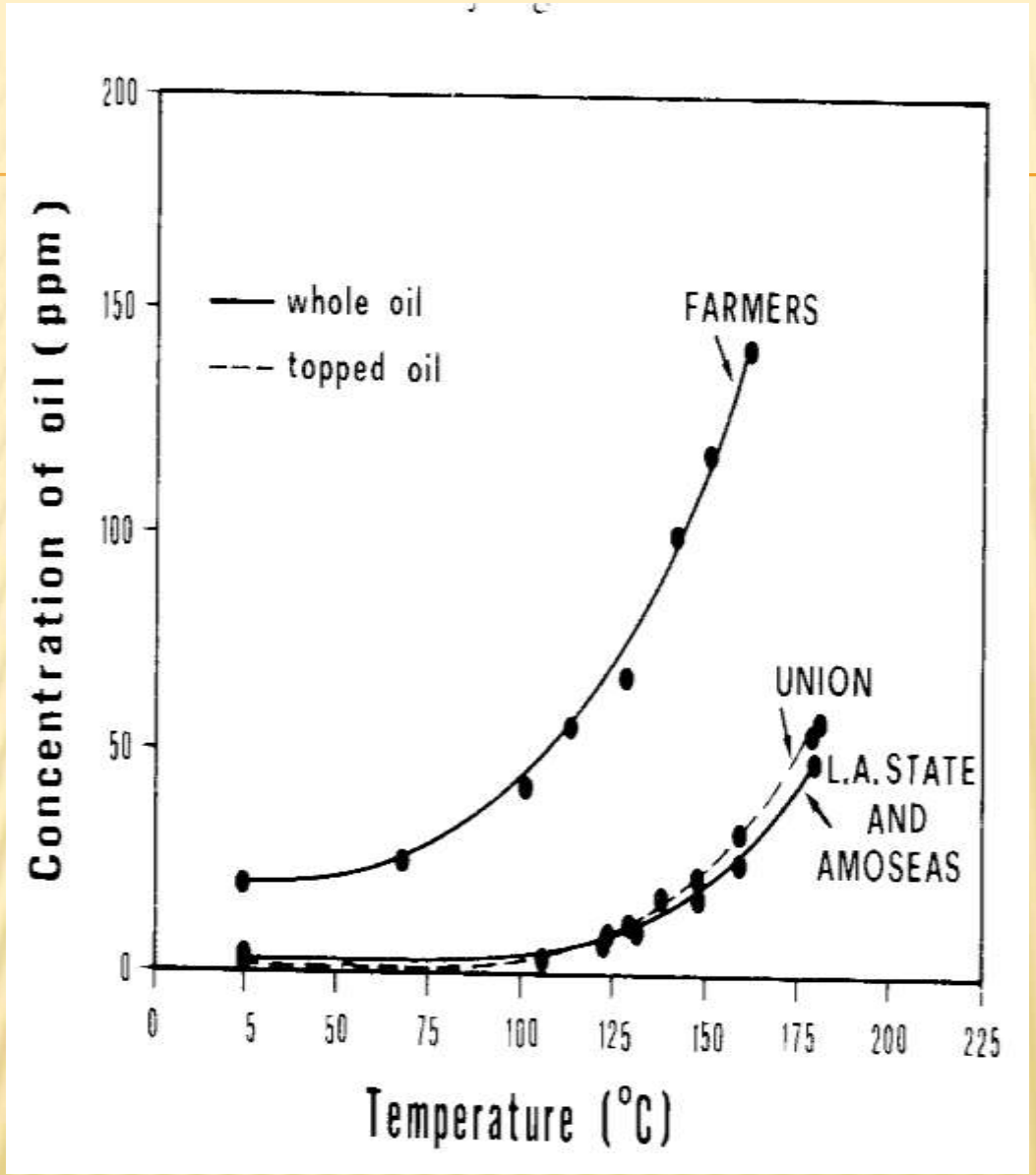
لكن الحكم من خلال تركيب المستخلصات الصخرية ، والنفوط الخام يبين أن المركبات الهيدروكربونية البترولية قد انتقلت بنسب تختلف عن نسب انحلاليتها المفترضة في الماء ، حيث نجد أن المركبات الهيدروكربونية المشبعة ، والتي تعد أقل المركبات الهيدروكربونية انحلالاً هي أكثر المركبات التي تزداد وفرتها في النفوط الخام بالمقارنة مع تركيب المستخلصات البيتومينية من الصخور الأم.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

تنخفض انحلالية المركبات الهيدروكربونية البترولية بشكلٍ عام مع ازدياد العدد الكربوني في جزيئاتها وتزداد مع ازدياد درجات الحرارة ، حيث يكون الازدياد في الانحلالية تدريجياً حتى درجة الحرارة 100 م تقريباً ، ليحدث بعدها تزايد سريع في معدل الانحلالية مع ارتفاع درجات الحرارة(الشكل).

فانحلالية النفط في درجات الحرارة الأقل من 100 م يمكن أن تصل إلى حوالي 10جزء بالمليون ، بينما ترتفع إلى أكثر من 100جزء بالمليون بين الدرجة 100 و الدرجة 200م ، وقد تبين أن انحلالية المركبات ذات درجات الغليان المرتفعة(والتي هي أقل انحلالية بشكل عام) تزداد بشكلٍ أكبر من انحلالية المركبات ذات درجان الغليان المنخفضة.

ومن جهة أخرى فإن انحلالية الغازات الهيدروكربونية تزداد مع ازدياد الضغط ، ويؤدي الانخفاض اللاحق للضغط إلى تحرر هذه المواد الهيدروكربونية من محاليلها ، كما أن ازدياد التشبع الغازي بالمياه ينقص من انحلالية المواد الهيدروكربونية فيها.



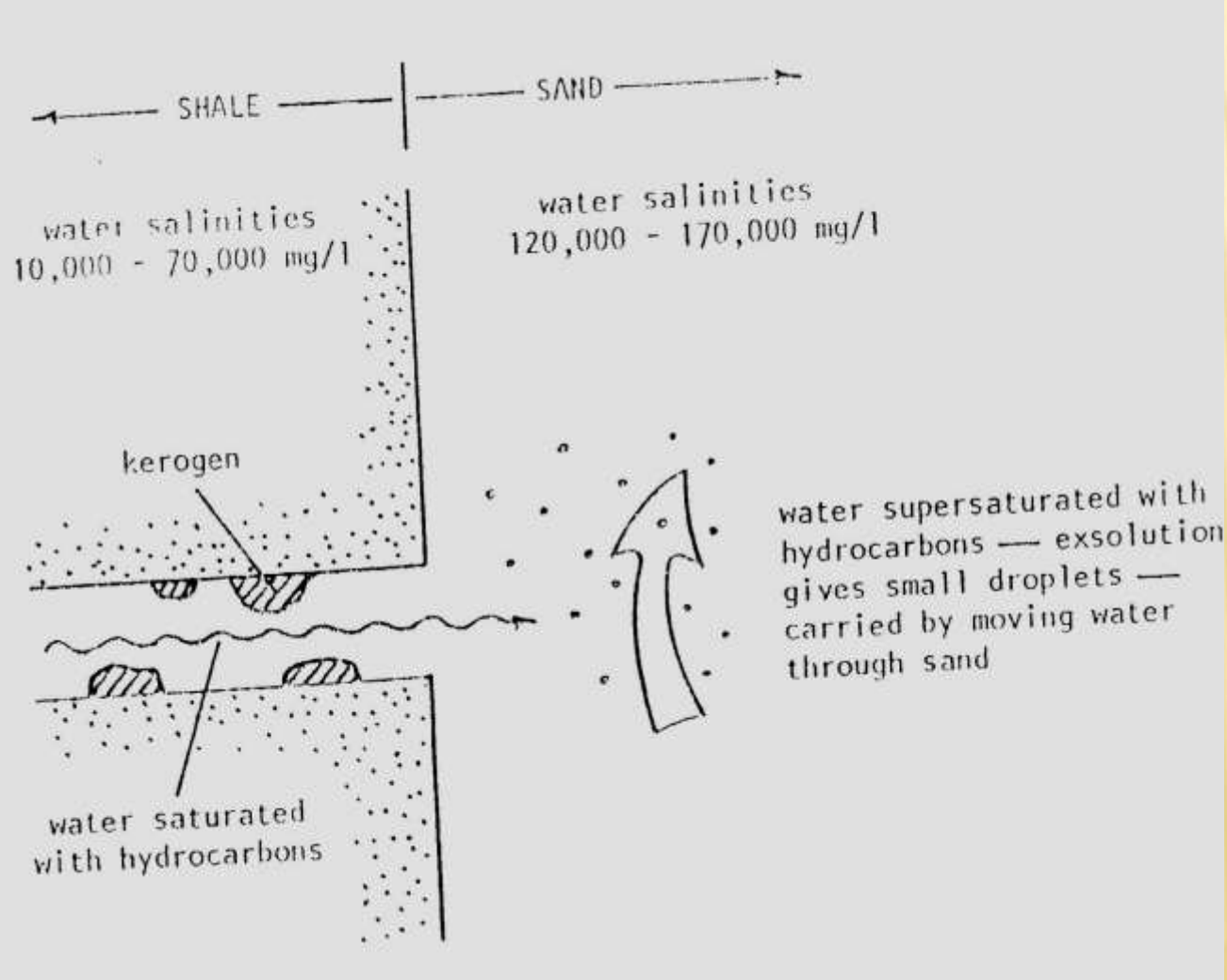
انحلالية النفط الخام في قمة وقاع التراكم كتابع لتزايد حرارة المياه

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

من المشاكل التي تعترض القبول بهجرة المواد الهيدروكربونية على شكل محلول هي الإجابة عن التساؤل التالي:

- **لماذا إذن لا يتم جرف المواد الهيدروكربونية خلال المصيدة مع المياه المتحركة ؟.**

تتضمن الإجابة عن هذا التساؤل القبول بأن الانحلالية تتأثر بالملوحة والضغط والحرارة والحجم المسامي ، وأي تغير في أي عامل من هذه العوامل كتغير الملوحة بين الشيل والرمل سيؤدي إلى ازدياد التركيز عن درجة التشبع ، مما يؤدي إلى انفصال قطرات هيدروكربونية يتم نقلها بواسطة المياه خلال الرمال ، حيث يتم تراكمها بواسطة خاصة التعويم في المصائد البنيوية أو أية مصائد أخرى(الشكل).



طرد المواد الهيدروكربونية المحلولة على
حد تماس الرمل- شيل
بسبب تغير الملوحة

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

يمكن أن نستنتج مما سبق أنه:

- لا يوجد سبب يجعلنا نستبعد امكانية الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية على شكل محاليل مائية ،
- ولكن يبدو أن هذه الميكانيكية هي أكثر أهمية بالنسبة للجزيئات الهيدروكربونية الخفيفة ،
- ويعتقد بأن اختلاف السلوك الانحلالي للألكانات النظامية ذات العدد الذري الأكبر من 10 يعود إلى تشكل تجمعات(*Aggregates*) ألكانية تشبه المذيلات يمكنها أن تمر من المسامات الدقيقة(ذات القطر المسامي أقل من 100 أنغستروم) والتي تسيطر في صخور الشيل في الأعماق التي لا تزيد عن 2000م.
- من جهةٍ أخرى فإن التناقض الواضح بين الوجود الفعلي للمواد الهيدروكربونية الخفيفة في النفط الخام والمستخلصات البيتومينية من الصخور الأم وخاصة بين وجود البنزن والتولوئين في كليهما يقلل من أهمية ميكانيكية هجرة المواد الهيدروكربونية البترولية على شكل محلول حقيقي.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

2-1: الهجرة على شكل محاليل غروية ومذيلات:

تبين الدراسات أن إمكانية المواد الهيدروكربونية(وخاصة الألكانات النظامية) أن تشكل في المياه معلقات لدقائق غروية (0.001-0.1µ) هي أكبر بكثير من إمكانيتها في تشكيل محاليل حقيقية ، وبالتالي فإنه يمكن لهذه المواد أن تهاجر في ظروف لاحقة على شكل محاليل غروية.

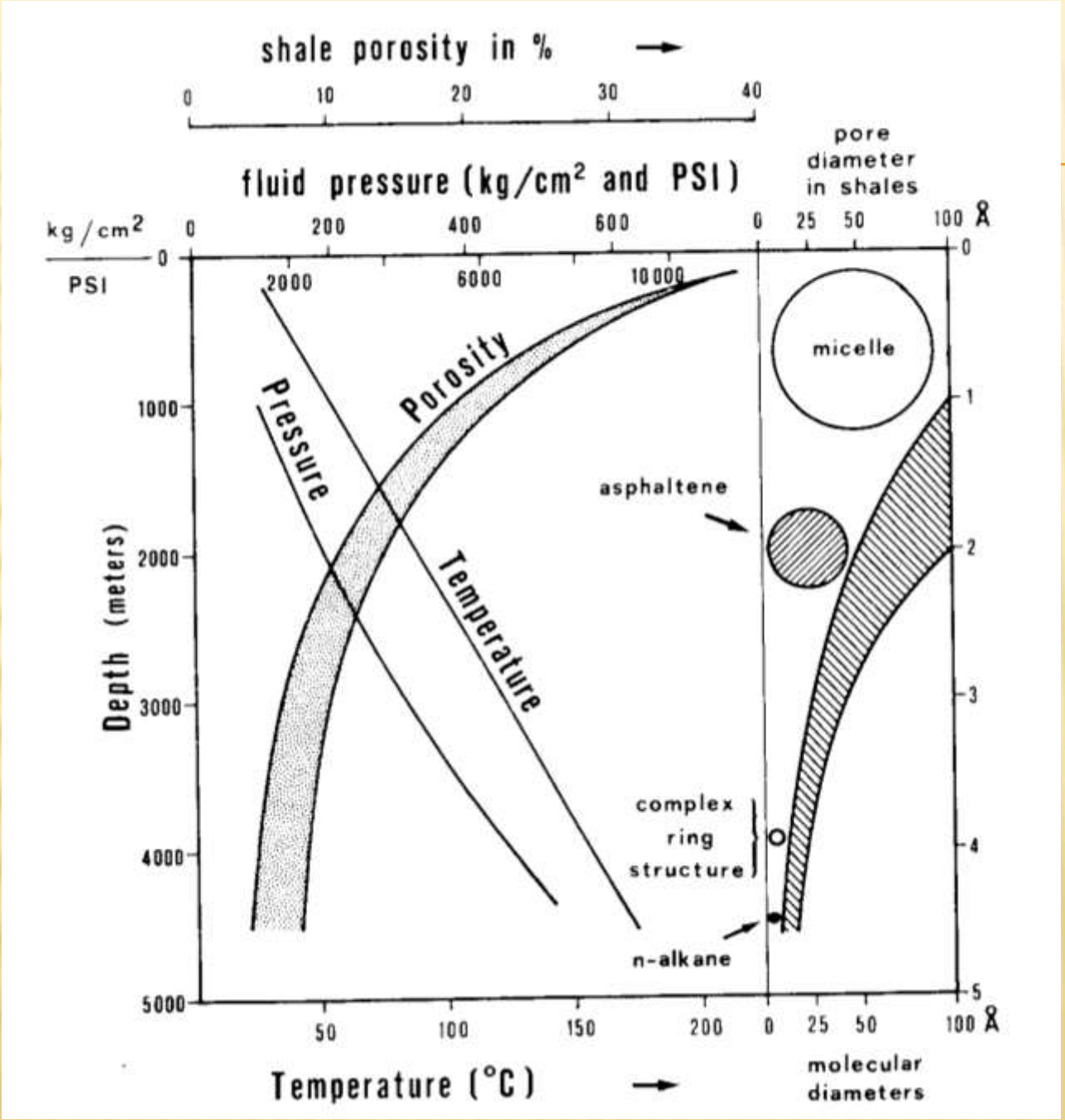
يمكن للغرويات أن تتكون من تجمع جزيئات مختلفة الأنواع ، أو من بعض الجزيئات ذات الأوزان الجزيئية العالية ، والتي تدخل ضمن المقاييس الغروية.

تستطيع من جهةٍ أخرى الجزيئات العضوية القطبية ، التي تتكون من أجزاء محبة وأخرى كارهة للماء (Hdrophilic and hydrophopic) أن تشكل تجمعات منتظمة تسمى المذيلات ، يمكن للواحدة منها أن تحتوي على أكثر من مائة جزيء ، تتوزع بحيث تكون الجزيئات الكارهة للماء في القسم الداخلي منها ، بينما تكون الجزيئات المحبة له في قسمها الخارجي.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

إن المشكلة الرئيسة التي تعترض الهجرة على شكل محاليل غروية أو مذيلات هي أن أبعاد الأجسام ستكون في معظم الحالات مساوية أو أكبر من أبعاد الفراغات في الصخر ، بالإضافة إلى تأثرها بالحقل الكهربائي العكسي بينها وبين سطوح الفلزات الغضارية ، لذلك يعتقد بأن أفضل الظروف لتحقيق مثل هذه الآلية من الهجرة يمكن أن تتحقق في التشكيلات قليلة التراص في الأعماق التي لا تزيد عن 2000م(الشكل) ، حيث تكون الأبعاد المسامية كبيرة بما فيه الكفاية لعبور القسيمات الغروية والمذيلات ،

لكن البعض يرى أنه يمكن للأجسام المهاجرة أن تتغلب على قوى الضغط الشعرية ، وعلى نقاط الاختناق بين الفراغات عن طريق توليد كميات إضافية من المواد الهيدروكربونية ، وازدياد درجات الحرارة التي تؤدي إلى تمدد السوائل ، وبالتالي تشكيل ضغط داخلي كبير يدفع هذه الأجسام خارج الاختناقات.



العلاقة المتبادلة بين المعاملات الفيزيائية المختلفة مع ازدياد عمق طمر رسوبيات الشيل

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

تستطيع بعض الصخور الأم بالمقارنة مع صخور الشيل ، كالصخور الكلسية ، والكربوناتية الأرجيليتية ، والمارل ، والشيل الكلسي أيضاً ، أن تحتفظ بالمقاييس المسامية إلى أعماق أكبر ،

لكن الإعاقة الكيميائية لهجرة المذيلات في هذه الصخور كبيرة نسبياً ، حيث يميل العديد من الحموض(التي تعد المركبات ذات النشاط السطحي الأهم للانحلالية الطبيعية للمواد الهيدروكربونية) إلى تكوين أملاح غير قابلة للذوبان ، ذات كاتيونات ثنائية التكافؤ ، وذلك ككاتيونات الكالسيوم ، والماغنسيوم ، مما يجعل إمكانية تواجد المذيلات الهيدروكربونية ضعيفة في المحاليل المسامية الغنية بهذه الكاتيونات:

ويتم ترسيب الحموض العضوية كأملاح كلسية ، ومغنزيومية غير قابلة للانحلال.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

بالإضافة إلى الحاجز الفيزيائي ، والعائق الكيميائي المذكورين أعلاه ،

- فإن عائقاً آخر للهجرة على شكل مذيلات يمكن أن يتشكل بسبب التنافر الكهربائي بين المذيلات الأيونية السالبة ، وسطوح الفلزات الغضارية المشحونة سلبياً ،
- وكذلك يمكن أن يحصل للمركبات النشطة سطحياً (والتي لابد من توافر كميات كبيرة منها لتذيب كميات مكافئة من المواد الهيدروكربونية) إدمصاص اختياري من قبل الفلزات الغضارية.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

يمكننا أن نجد بالنتيجة أنه:

- لا يبدو أن ميكانيكية هجرة المواد الهيدروكربونية على شكل محاليل غروية ومذيلات تشكل عملية هامة في الهجرة الأولية ،
- وإن أهميتها يمكن أن تنحصر في الصخور المولدة غير العميقة نسبياً ، وخلال المراحل الأولى من تشكل المواد البترولية ،

- وإذا كانت الهجرة على شكل مذيلات مسؤولةً عن تراكمٍ بترولي ما ، فسيكون النفط المتراكم غنياً بالمركبات القطبية النيتروجينية ، والكبريتية ، والأكسيجينية ، وهي المركبات الأكثر قدرة على تشكيل المذيلات ،
- مع العلم بأن النفوط الخام تفتقر بشكل عام لهذه المركبات ، وذلك مقارنةً مع البيتومين المستخلص من الصخور المولدة.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

3-1: هجرة المواد الهيدروكربونية المحلولة ، والمرتبطة ببعض المجموعات الوظيفية:

يعتقد بعض المختصين أنه ليست المواد الهيدروكربونية النقية هي التي تهاجر بشكلٍ محلول في المياه ، وإنما بعض أسلافها ذات القدرة الانحلالية الأكبر ، وهي تهاجر مرتبطةً ببعض المجموعات الوظيفية الحاوية على النيتروجين ، والأكسيجين ، والكبريت ، وذلك كالحموض ، وبعض الكحول ، ذات الانحلالية المائية العالية.

تتلخص المشكلة التي تعترض هذه الآلية المفترضة للهجرة في الإجابة عن التساؤل التالي: متى إذن يتم تخلص المواد الهيدروكربونية من المجموعات الوظيفية المرتبطة بها ؟

لذلك فإنه يعتقد بأنه حتى وإن كان لا يمكن نفي حدوث الهجرة الأولية بهذه الآلية ، إلا أن هذه الهجرة ستكون محدودة جداً ، ولا تحدث إلا في أوساط خاصة ، كالأوساط الغضارية الرملية.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

2 الهجرة على شكل أطوار هيدروكربونية سائلة ، أو غازية منفصلة:

يمكن أن نميز هنا بين الآليات والنماذج التالية:

2-1 الهجرة بالطور الغازي:

تزداد القدرة الانحلالية للغازات بشكلٍ كبير مع ازدياد الضغط ، حتى أنه يمكن لنسبة الغازات المذابة في المياه أن تصل في الأعماق الكبيرة إلى حوالي 5% ، ويعتقد بعض المختصين أنه إذا ما حصلت ظروف جيولوجية مناسبة ، أدت إلى انخفاض الضغط ، فإن كميات كبيرة من الغازات يمكن أن تتحرر من المحاليل مهاجرةً على شكل طور غازي مستقل ، وبالإضافة إلى ذلك فإن الغاز المضغوط سيعمل على تذويب كميات متزايدة من المواد الهيدروكربونية السائلة ، والتي يمكن أن تصل حتى ويتم انفصال الطور النفطي عندما تتناقص قيم الضغط.

على الرغم من أن C_{18} هذه الطريقة يمكن أن تعد إحدى الآليات الممكنة للهجرة الأولية ، إلا أنه لا يمكنها أن تفسر تشكل التراكمات الهيدروكربونية العملاقة ، كتلك الموجودة في الشرق الأوسط ، حيث لا تسمح المواصفات الجيولوجية الموجودة بتسرب هذا الكم الهائل من الغاز.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

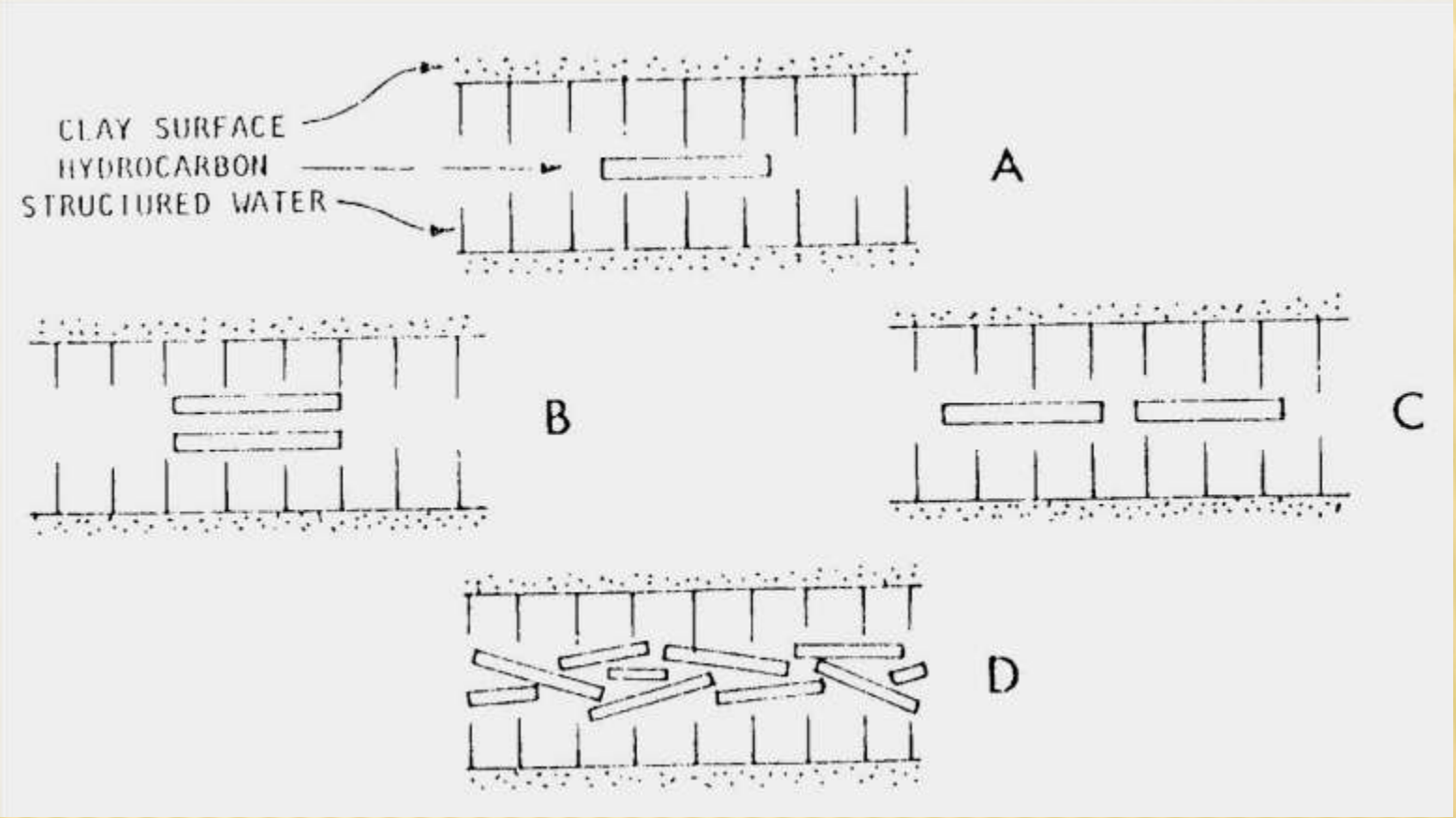
2-2 الهجرة على شكل طور نفطي:

1- الهجرة على شكل طور نفطي مستمر:

تتأثر نسبة المياه الحرة والمرتبطة في المسام بالتأثير المتبادل بين جزيئات الماء والصخر الأم ، حيث يحدث من خلال الروابط الهيدروجينية ارتباط بين الجذر $SiO4$ ، ذي الهيكل الرباعي الموجود في الطين ، والهيدروجين في جزيئات الماء ، وتزداد قوة هذا الارتباط في المناطق الملامسة لحواف الفراغ المسامي ، بينما تضعف باتجاه مركز المسام ، مما يؤدي إلى تشكل طبقة من المياه المرتبطة حوالي حواف الفراغ المسامي ، وذلك كما هو واضح من الشكل .

وعندما يتشكل جزيء هيدروكربوني فإنه سيتجه نحو مكان من الفراغ المسامي تكون فيه قوة الارتباط أضعف ما يمكن ، وإذا ما تشكل جزيء هيدروكربوني جديد فإنه سيقوم بأخذ مكانه على امتداد الجزيء السابق ، أو بشكلٍ موازٍ له ، وسيؤدي تولد كميات إضافية من الجزيئات الهيدروكربونية إلى ملء الفراغ ، والتحرر من المسام.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:



ارتباط جزيئات الماء بالروابط الهيدروجينية مع الجذر SiO_4

بالقرب من سطح التماس مع الفلزات الغضارية وانتقال جزيئات الهيدروكربون المتولدة نحو الفراغ المسامي.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

2-2 الهجرة على شكل طور نفطي:

1- الهجرة على شكل طور نفطي مستمر:

يمكن أن تصل نسبة الإشباع النفطي في الصخور الأم الناضجة في المجموع الكلي للسوائل المسامية إلى حوالي 50% ، وذلك بفرض أن معظم المياه المسامية هي مياه بنيوية ، لكن فكرة الإشباع لكل سائل تصبح غير ذات أهمية عندما تكون المياه مرتبطة بقوة بالجدران المسامية دون أن تشكل طوراً قادراً على الحركة ،

وبالإضافة إلى ذلك فإنه إن وجدت بعض السطوح الداخلية مبللة بالنفط أكثر من المياه ، فإنه يمكن للنفط أن ينتقل على شكل طور مستمر ، حتى عندما يكون التشبع بالنفط أقل ، وعلى هذا الأساس فإنه يمكننا أن نتوقع من الصخور ناعمة الحبيبات الغنية بالكيروجين ، أن تكون قادرةً على التبلل بالنفط ، وبالتالي فإن تشبع الاتزان في الصخور من نوع الشيل ، والذي لا يمكن تحته للنفط أن يجري سيكون أقل من ذلك الذي يمكن أن نتوقعه في ظروف الخزان العادية.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

2-2 الهجرة على شكل طور نفطي:

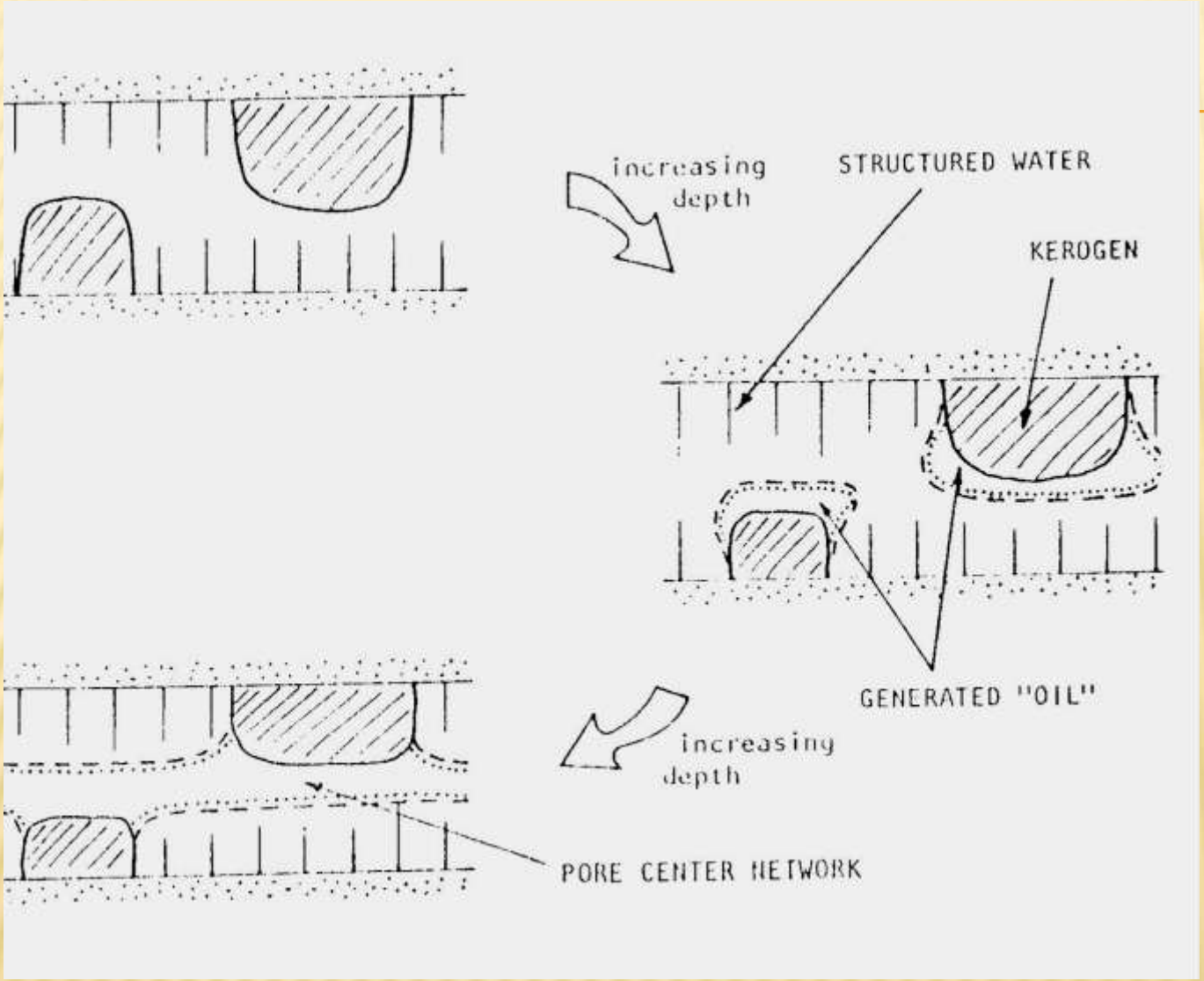
1- الهجرة على شكل طور نفطي مستمر:

يمكننا أن نستنتج مما سبق أنه لكي تتم الهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية على شكل طور نفطي مستمر لابد من وجود :

تركيز بيتوميني مرتفع ، وأن تكون نسبة المياه المتحركة قليلة.

تشكل الصخور المطمورة بشكل عميق ، في قمة طور تشكل النفط ، وفي ظروف التراص المرتفعة أفضل الفرص :

للهجرة على شكل طور نفطي مستمر ، ويشكل التدرج الضغطي في هذه الحالة قوة الدفع الرئيسة لحركة السائل.



تشكل جزيئات هيدروكربونية ، واتجاهها نحو مركز الفراغ لتشكل طور نفطي مستمر.

2-2 الهجرة على شكل طور نفطي:

2- الهجرة على شكل قطرات نفطية:

يعتقد أنه إذا ما تولدت المواد الهيدروكربونية بكميات كافية لإشباع المياه المسامية ، والتغلب على القدرة الادمصاصية للشيل ، والمادة العضوية ، فإن قطرات منفصلة من النفط الخام يمكن أن تتشكل في الفراغات المسامية ، وعندما يتم طرد المياه فإنها ستحمل معها القطرات النفطية إلى الطبقات ذات الحبيبات الأخشن.

يتضمن انتقال النفط والغاز من خلال المسامات الضيقة والمشبعة بالماء في الصخور المرصوصة ظاهرة الضغط الشعري ، وذلك بسبب وجود طورين غير متمازجين وسطح بيني بينهما ، وكلما كان قطر المسام أصغر ، كلما كان الضغط الشعري أكبر ، ويقدر الضغط المطلوب نظرياً لحركة القطرة النفطية غير مشوهة الشكل من خلال المسام ذي القطر بأكثر من

0.01μ $240kg/cm^2$

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

2- الهجرة على شكل قطرات نفطية:

إذا كان قطر الفتحة الفعالة للمسام أكبر من مقاييس القطرات النفطية ، فإن عبور هذه القطرات يتطلب التغلب على الضغط الشعري ، وهذه الميكانيكية تتطلب أيضاً وجود كميات كافية من المياه المتحركة ؛

ولكن ماذا يحدث إذا ما صادفت القطرات النفطية إختناقاً

أو اختناقات مسامية أصغر من قطرها ؟

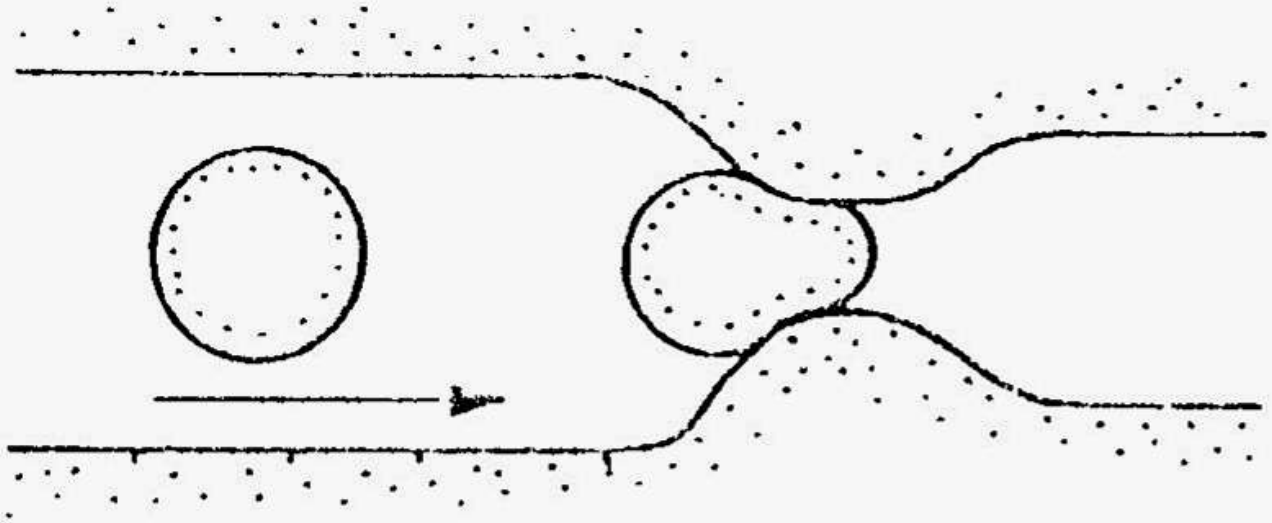
على القطرات النفطية في هذه الحالة أن تغير من شكلها لكي تتمكن من العبور عبر هذه الاختناقات (الشكل). لكن هذا التشوه في شكل القطرة النفطية :

سيؤدي إلى ازدياد مساحة سطحها ، وبالتالي ازدياد في قوة التوتر السطحي ، وصعوبة أكبر في العبور ، وتكون القوة المؤثرة الوحيدة على هذه القطرة هي قوة التعويم ذات المركبة الرأسية ، وقوة التدرج الهيدروديناميكي ،

لكن قوة التدرج الهيدروديناميكي أقل بكثير من أن تجبر القطرة على المرور من خلال الاختناق ، بينما لا تملك قوة التعويم إلا مركبة صغيرة باتجاه الحركة.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

2- الهجرة على شكل قطرات نفطية:



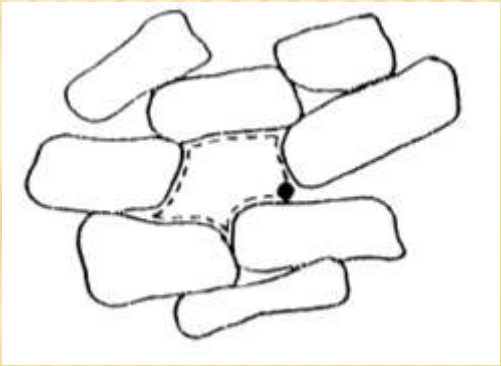
تشوه شكل القطرة النفطية عند دخولها الاختناق المسامي.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

2- الهجرة على شكل قطرات نفطية:

لابد لكي تتم الحركة من وجود قوة ضغط إضافية. إن هذه القوة يمكن أن تتشكل عن طريق زيادة العمق وبالتالي ازدياد الحرارة وتولد مواد هيدروكربونية إضافية.

لكي تكون هذه القوة فاعلة بما فيه الكفاية لابد للقطرة النفطية أن تغلق الاختناق المسامي بشكلٍ محكمٍ ، كما يجب أن يكون حجم المياه المعزولة في المسام خلف القطرة كبيراً بالمقارنة مع هذه القطرة كما في الشكل:



القطرة النفطية تعزل خلفها كمية من المياه المسامية.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

3- الهجرة بالانتشار:

يعرّف الانتشار بشكل عام على أنه **عملية تلقائية تنتقل خلالها المواد المحلولة من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل ، وبالتالي فإن هذه العملية تميل إلى توزيع ، وبعثرة المواد الهيدروكربونية أكثر من تركيزها ،**

وتعد الهجرة بهذه الطريقة من العمليات البطيئة جداً ،

فعلى سبيل المثال يحتاج الميتان(الذي يعد أكثر المركبات الهيدروكربونية قدرةً على الانتشار) لينتقل رأسياً خلال الصخور الأم مسافةً قدرها 1740 متراً إلى فترة زمنية تقدر بحوالي 140مليون سنة ، وإذا كنا نعلم أن قدرة المواد الهيدروكربونية على الانتشار تتناقص كلما ازداد وزنها الجزيئي ، فإننا نستنتج أن :

دور الانتشار بالهجرة الأولية سيكون محدوداً جداً ، وعلى هذا الأساس يعد وجود التراكمات الغازية والنفطية منذ زمن الباليوزوي ، كما في حوض الأبالاش في شمال أمريكا دليلاً على الفعالية الضعيفة لآلية الانتشار.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

4- الهجرة عن طريق تشقق الصخور:

لابد عند دراسة الهجرة الأولية من أخذ كل من المسامية ، والنفوذية النسبية ، والمطلقة بعين الاعتبار ، و لابد أيضاً من أن تكون هناك آلية ما يمكن من خلالها التغلب على صعوبة المرور من المسامات الضيقة ، والاختناقات المسامية ، مما يسمح للمركبات البترولية بالمرور دون صعوبات هندسية.

بين العديد من الدراسات أن تزايد ضغط الموائع المسامية ، ووجود جيوب صغيرة من الغاز فوق المضغوط (Overpressured gas) ، يمكن أن يؤدي إلى تشكل تشققات في الصخور الكثيفة ، وعميقة الطمر ، وينحصر تشكل هذه التشققات في مراكز ضغوط مرتفعة محلية للغازات ، والموائع في الصخور عميقة الطمر ، والمتراصة ، وضعيفة النفوذية ، وذلك كصخور الشيل ، والصخور الكربوناتية الكتيمة ، وذلك إذا كانت هذه الصخور تحتوي على نسبة كافية من المواد العضوية ، لتولد نسباً هامة من المركبات الهيدروكربونية السائلة والغازية ، مما يؤدي إلى تراكم تدريجي للضغط داخل المسام.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

يؤدي تراكم الضغط إذاً إلى تشكل شقوق دقيقة تسمح بتحرر هذا الضغط ، وبالتالي تمدد السوائل والغازات وانتقالها ، وستكون هذه العملية متقطعة ، أي أنها ستتكرر أثناء التاريخ الجيولوجي عدة مرات ، حتى يتم انتقال كميات هامة من النفط ، والغاز.

إن هذه العملية بكاملها يمكن اختصارها على الشكل التالي:

- ازدياد عمق الطمر والحرارة
- تولد كميات إضافية من النفط والغاز
- تراكم تدريجي لضغط الموائع داخل المسام
- تشكل تشققات دقيقة ،
- تمدد وانتقال النفط والغاز عبر المسامات
- التحام الشقوق بسبب الضغوط المطبقة عليها من الأعلى
- تراكم ضغوط جديدة وتكرار العملية بنفس الطريقة.

يمكن أن تتشكل الضغوط الشاذة المرتفعة أيضاً بسبب عدم تصريف المياه من الوحدات الرسوبية التي تطمر بشكل سريع ، وذلك عندما يكون معدل الترسيب مرتفعاً.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

يمكننا بناءً على ما تقدم أن نقبل بتشكل الشقوق الدقيقة ،
وبتمدد السوائل ، أو الغازات كميكانيكية هامة في الهجرة الأولية ،
وخاصةً في المرحلة الرئيسة من تولد المواد الهيدروكربونية ،
في الأعماق التي تزيد عادةً عن 2000م ،

ويتم انتقال المركبات وفقاً لهذه الآلية
على شكل أطوار غازية ، ونفطية متصلة.

أهم الآليات المقترحة للهجرة الأولية للمواد الهيدروكربونية:

6 - زمن وعمق الهجرة الأولية ، وعلاقتهما مع آلية الهجرة:

يميز عادةً اعتماداً على زمن ، وعمق حدوث الهجرة الأولية ، بين كلٍ من :

1) الهجرة الأولية المبكرة ،
2) والهجرة الأولية المتأخرة.

6-1الهجرة الأولية المبكرة:

تحدث الهجرة الأولية المبكرة في الأعماق التي تقل عن 1500م ، حيث تخسر الرسوبيات معظم مساماتها ، وتطرد كميات كبيرة من المياه ، ولكن إذا استثنينا الميتان مبكر التولد ، والمنتج عن طريق نشاط الكائنات الدقيقة ، فإن هذه الرسوبيات لا تحتوي عادةً في هذه الأعماق إلا على كميات قليلة من المركبات البترولية ، والتي يعود معظمها إلى المركبات الموروثة عن العضويات مباشرة ، أو منتجة من الدياجينيز المبكر.

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

بين كثير من الدراسات ، كتلك التي قام بها كل من Hunt و 1958 Kidwell و 1975 Mclver م أنه يمكن للمواد الهيدروكربونية أن تتشكل (ولو بكميات ضئيلة جداً) ، وتهاجر من الرسوبيات الحديثة ، في أعماقٍ قد لا تتجاوز مئات الأمتار ، وتنتج هذه المواد عن هجرة البيتومين غير الناضج ، لذلك فإنها تحتوي على نسبٍ مرتفعة من مركبات الكبريت ، والنيتروجين ، والأكسيجين ، والأسفلتين.

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

تتميز المناطق الدلتاوية الحديثة من جهةٍ أخرى بوجود كمياتٍ هامة من النفط ، في أعماقٍ ضحلة نسبياً(500-1800م) ، وتبين بعض الدلائل على أن بعض هذا النفط على الأقل (كما في حالة نفط البليستوسين في خليج المكسيك) قد نتج عن تشكلٍ ، وهجرةٍ مبكرين ، مع العلم بأن الهجرة الأولية المبكرة تحتاج إلى وجود كمياتٍ كبيرة من المياه في الرسوبيات ، ليتم عصرها خارج الرسوبيات في مرحلة التراص الرسوبي المبكر.

على الرغم من أن الهجرة الأولية المبكرة للمواد البترولية من الرسوبيات الحديثة غير الناضجة ، والضحلة لا تشكل من الهجرة الأولية ككل للمواد الهيدروكربونية إلا نسبة ضئيلة ، إلا أنه لا يمكننا اعتبارها غير موجودة ، ويعتبر نفط Naguaka في اليابان دليلاً على التجمع النفطي التجاري الناجم عن مثل هذا النوع من الهجرة ، والتي نجمت بشكلٍ رئيس عن حركة المياه المعصورة الناجمة عن تراص الرسوبيات ، ويعود سبب ندرة مثل هذه التراكمات البترولية ، الناجمة عن الهجرة الأولية المبكرة أيضاً ، إلى افتقار الرسوبيات في مثل هذه المرحلة من الطمر إلى المصائد ، والصخور المغطية ، وإلى ضعف الانحلالية المائية للمركبات البترولية وفق الظروف الحرارية الموافقة لأعماق الطمر الضحلة.

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

يجب أن يعكس تركيب البترول الناجم عن الهجرة الأولية المبكرة عدم النضج الحراري للمواد العضوية ، وكذلك انحلالية المركبات البترولية ،

وعلى هذا الأساس فإنه سيحتوي على كميات هامة من الجزيئات البيوكيميائية غير المفككة ، كمركبات الكبريت ، والنيتروجين ، والأكسيجين ، ذات الأوزان الجزيئية المرتفعة ، وذات الانحلالية المائية ، بالإضافة إلى المركبات الهيدروكربونية ذات درجات الغليان المنخفضة ، والغنية بالعطريات.

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

تقتصر الهجرة الأولية بواسطة المياه المعصورة ، الناجمة عن تراص الرسوبيات على الرسوبيات الحطامية ، بينما يقي التصخر الذي يصيب معظم الرسوبيات الكربوناتية الحديثة هذه الرسوبيات من استمرار التراص الذي يؤدي إلى نزوح المياه ، وبالتالي يعيق الهجرة الأولية المبكرة من هذه الصخور في الأعماق الضحلة ، حتى وإن احتوت على كميات هامة من المواد العضوية القابلة للانحلال في الماء.

إن انحلالية المركبات البترولية في المياه المسامية منخفضة جداً ، حتى ضمن أفضل الظروف
(مع وجود بعض الاستثناءات القليلة جداً) ،وتتراوح هذه الانحلالية بين بضعة أجزاء من المليون ، حتى حوالي 100 جزء بالمليون (في درجات الحرارة التي تزيد عن 100م°)

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

وتبين أكثر الحسابات تفاؤلاً أن انحلالية المواد الهيدروكربونية ، في درجات الحرارة الأقل من 125م° هي أقل من أن تستطيع أن تشكل تراكمات بترولية تجارية ، وعلى الرغم من الإمكانية الانحلالية المرتفعة نسبياً في درجات الحرارة الأعلى من ذلك ، إلا أنه لا توجد كميات كافية من المياه الناجمة عن التراص في مثل تلك الظروف ،..... وبالإضافة إلى ذلك فإن تركيب معظم النفط الخام لا يعكس تنوع انحلالية الزمر المختلفة من المواد البترولية ، لذلك فإنه على الرغم من وجود بعض حالات التراكمات البترولية التجارية الناجمة عن الهجرة المبكرة على شكل محاليل مائية ، وخاصة للمركبات الهيدروكربونية ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة ، ومركبات NSO ذات الأوزان الجزيئية العالية نسبياً ، إلا أن هذه التراكمات هي استثناء أكثر من كونها قاعدة.

6- 1 الهجرة الأولية المتأخرة :

يوجد كثير من الدلائل التي تؤكد حدوث الهجرة الأولية خلال المرحلة الرئيسة من تشكل المواد الهيدروكربونية ، وإن هذا النوع من الهجرة الأولية هو الذي أدى إلى تشكل التراكمات النفطية الكبيرة المكتشفة في كل أنحاء العالم ، والتي تعود إلى مختلف الأعمار الجيولوجية ، اعتباراً من الباليوزوي ،..... لكنه لا يمكن في الحقيقة إعطاء أرقاماً دقيقة تمثل الحدود الحرارية ، والمسامية ، والعمقية للهجرة الأولية المتأخرة ، وذلك بسبب وجود عدد كبير من العوامل المتداخلة ، ونقص المعلومات المفصلة عن آليات الهجرة الأولية ، وينظر عادةً إلى الهجرة الأولية المتأخرة على أنها تلك الهجرة الأولية التي تحدث في الأعماق التي تزيد عادةً عن 1500م ، والتي تتزامن مع بداية المرحلة الرئيسة لتولد المواد البترولية.

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

يترافق انخفاض كل من المسامية ، ومحتوى المياه في الرسوبيات ، مع انخفاض هام في النفوذية ، وهذا هو السبب الذي جعل الهجرة الأولية المتأخرة موضع تساؤل الكثيرين من جيولوجي البترول ، لكن هناك الكثير من الدلائل على حدوث هذا النوع من الهجرة من الطبقات الأم المرصوصة ، وذات النفوذية المنخفضة..... ؛ وقد اعتبر تيسو أن تحرر المياه البنيوية خلال تفكك السمكتيت ، وتحوله إلى إيليت ، والذي يحدث بشكل رئيس تحت تأثير الحرارة يؤدي إلى ازدياد كبير في ضغط الموائع المسامية ، ويشكل ميكانيكية رئيسة للهجرة الأولية أثناء المرحلة الرئيسة من تولد المواد الهيدروكربونية.

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

تتزامن بداية مرحلة الهجرة الأولية المتأخرة كطور هيدروكربوني مستقل مع بداية المرحلة الرئيسة لتشكل النفط ، وتستمر حتى نهاية هذه المرحلة ، وعلى هذا الأساس يتحكم بالهجرة الأولية المتأخرة ليس فقط العلاقة بين العمق والمسامية ، ولكن أيضاً القدرة التوليدية للصخور الأم.

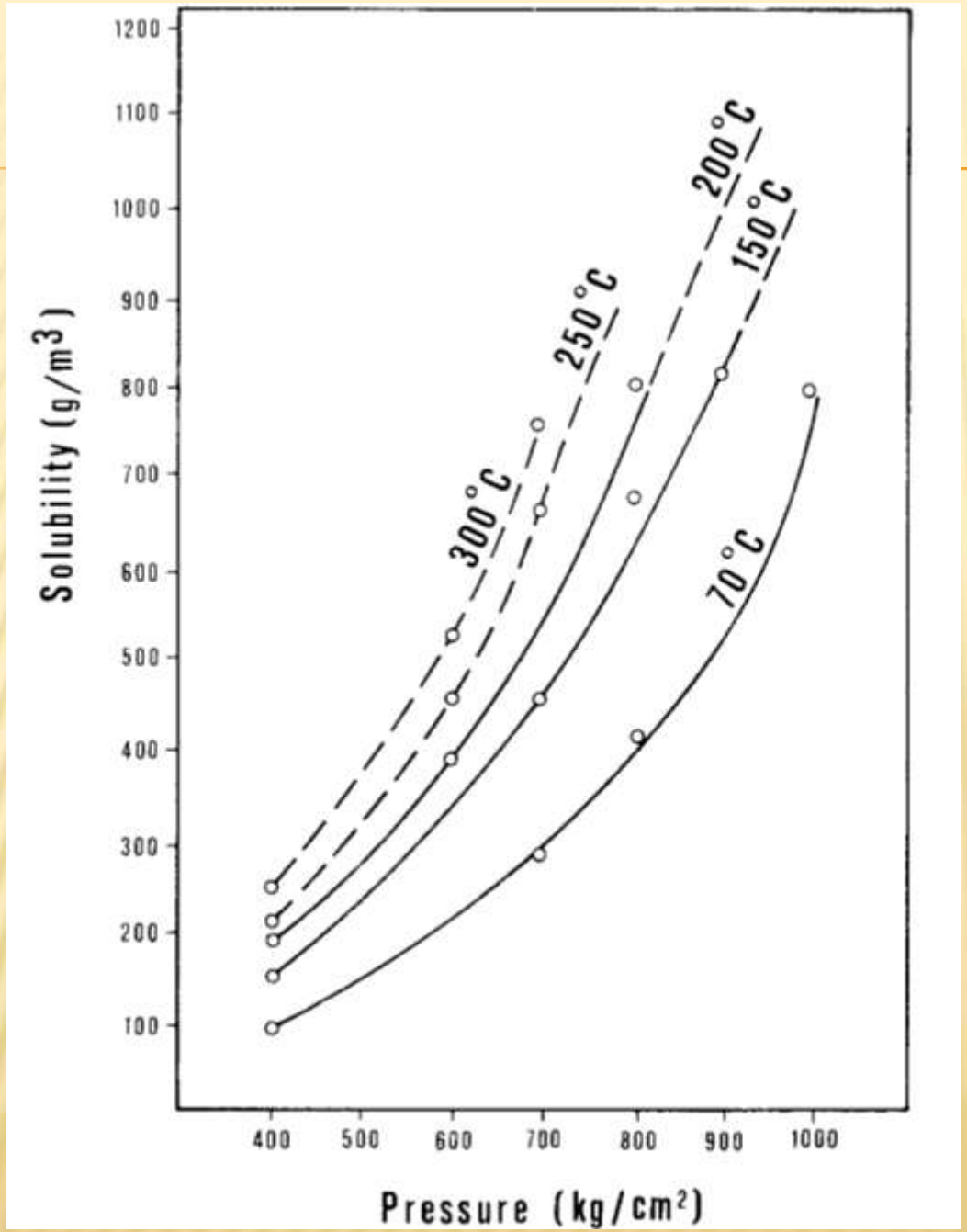
يمتلئ جزء هام من الفراغ المسامي في الأعماق التي تزيد عن 2000م بالمياه المرتبطة غير المتحركة ، وتزداد نسبة البيتومين إلى المياه المسامية الحرة تدريجياً ، لتصبح مرتفعة جداً ، ويبدو في هذه الحالة أنه من الضروري وجود طور نفطي مستقل في قمة تولد المواد الهيدروكربونية السائلة ، ويؤدي استمرار تولد المواد الهيدروكربونية السائلة والغازية إلى طرد النفط المتشكل خلال المسامات الدقيقة ، والمبتلة بالماء بعيداً عن الكيروجين.

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

تصبح الأقطار المسامية في لحظة محددة صغيرة جداً ، والقسيمات النفطية كبيرة جداً ، بحيث لا يمكن دفعها عبر الاختناقات المسامية المملوءة بالمياه ، حيث يكون الضغط الشعري مرتفع جداً ، لكن استمرار تولد المواد الهيدروكربونية ذات الأوزان الجزيئية الخفيفة يحافظ على استمرار الارتفاع التدريجي للضغط ، حتى يتم التغلب على القوة الميكانيكية للصخر ، مما يؤدي إلى انفتاح شقوق جديدة ، وهجرة كمية إضافية من النفط ، يحدث هذا النوع من الهجرة وفقاً لـ Snarsky (1962)، و Tissot and Pelet (1971) في الأعماق التي تزيد عن 2000- 3000م.

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

يصبح الطور الغازي هو الطور الوحيد تقريباً الضاغط في الحرارة التي تزيد عن 150م° ، لكن بعض المنتجات الهيدروكربونية السائلة يمكن أن تتحرر بشكل متقطع بسبب التمدد الذي يلي تحرر الضغط ، وكذلك يمكن للنفط الخام أن ينحل وينتقل في الطور الغازي المضغوط ، وقد بين Zhuze et al (1963)، أنه يمكن لواحد بليون متر مكعب فقط من الغاز ، أن ينقل في الضغوط التي تتروح بين 400 و800 كغ/ سم^2 ، والحرارة 70-200م° كمية من النفط تتراوح بين 100000 و 800000 طن حيث تزداد كمية النفط المنحل في الغاز ، كلما ازدادت قيمة الضغط (كما في الشكل) ، ويعتقد أن الحقول الضخمة المنتشرة في مختلف أنحاء العالم ، والتي تحتوي على الغازات الرطبة ، والمتكثفات تشكل دليلاً على هذا النوع من الهجرة.



انحلالية البترول في الغاز في درجات حرارة مختلفة كتابع لتزايد الضغط

6- 1 الهجرة الأولية المبكرة:

أخيراً :

- فإن للخصائص الترسيبية، والحوادث التكتونية أهميتها أيضاً في الهجرة الأولية للمواد البترولية، فعندما تتكون الصخور الأم من تناوب طبقات من الرمال والغرين يكون أفضل للتصريف من تتابعات الشيل السميكة والنظامية،
- كما يمكن للحوادث التكتونية أن تسبب اجهادات شاذة مرتفعة على الوحدات الرسوبية، وخاصة عن طريق الضغط الأفقي، وهو ما يساعد في زيادة الضغط الداخلي للموائع،
- كما يمكن للزلازل المتكررة في المناطق النشطة تكتونيا ،
- كما في بعض مناطق كاليفورنيا ، والشرق الأوسط أن تساهم في تشقق الصخور وهجرة المواد الهيدروكربونية منها .