

من الشكل (37 - b) يتبيّن أنه بزيادة احتواء المزيج على مركبة n - هييتان فإن النقطة الحرجة التي تقع في حالة توازن ستزاح نحو اليمين وإن منحنى نقاط التكثف والتباخر ستقرب من منحني ضغط البخار المشبع لمركبة الهييتان . كما أن قيم الضغط والحرارة الحرجة ستتغيّر إذا تغيّر تركيب المزيج وستكون آقعة بين القيم الحرجة للمركبات المتكوّن منها المزيج .

كذلك ومن الشكل (37 - b) يتبيّن أن أبعاد المجال الثنائي تتعلّق بتركيب المزيج وستكابر فيما إذا كان التوزيع بين المركبات المكوّنة للمزيج تقريباً متساوياً .

I - 3 - سلوكيّة أنظمة المركبات الثانية وما فوق في المجال الحراري :

الشكل رقم (38) يوضح خطوطاً تساوي الحرارة (إزوتيرم) لمزيج الهيدروكربونات قرب المجال الحراري .

ذكرنا سابقاً أن المؤشر الرئيسي للنقطة الحرجة هو تشابه صفات السائل والغاز أو بالأحرى هي النقطة C التي تمثل نقطة التقائه منحنى نقاط التكثف والتباخر . من هذا الشكل نستنتج أن قيمة الضغط والحرارة في النقطة الحرجة ليست القيمة الأعظمية لها وإنما هناك قيمة أكبر يوجد عندها مجال ثانٍ للغاز والسائل . في الحقيقة إذا كان الضغط أصغر قليلاً من الضغط P' ولكنه أكبر من الضغط الحراري P_c ، ففي النظام سيظهر الغاز الموجود في حالة توازن مع السائل حيث أن المجال $ADCA$ يوضح ذلك . كذلك في المجال $CNBC$ يوجد بنفس الوقت مجال ثانٍ بغض النظر عن أن درجة الحرارة في النظام عند هذا المجال ستكون أكبر من درجة الحرارة الحرجة .

الضغط الأعظمي P' (انظر الشكل رقم 38) والذي يوجد عنده الغاز والسائل في حالة توازن يسمى كريكوندينبار . أما الحرارة الأعظمية T' المبيّنة في الشكل ذاته والتي يتواجد عندها في النظام مجال ثانٍ من الغاز والسائل في حالة توازن

تسمى كريكوندينترم .

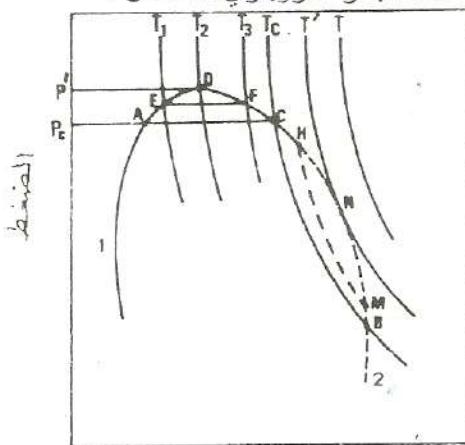
لدى تغير قيم الحرارة والضغط في المجال الذي هو أكبر من المجال الحراري
نرى أنه لنظام كثير المركبات تحدث تغيرات طورية غير عادية .

للقتاع بذلك سندرس تمدد السائل المشبع بالغاز عند تغير الحرارة من T_1
وإلى T_2 مع ثبات الضغط حسب خط الإزوبار EF (انظر الشكل رقم 38) . في
النقطة E ولدى زيادة درجة الحرارة فإن حجم الغاز المنفصل سيزداد ولكن وبمتابعة
زيادة درجة الحرارة نرى أن حجم الغاز يزداد حتى يصل إلى الحد الأعظمي ومن ثم
سيبدأ بالقصاص حتى يصل إلى النقطة F والتي تقع على منحني نقاط التبخر وهذا
يعني أن كمية الغاز ستتساوي الصفر .

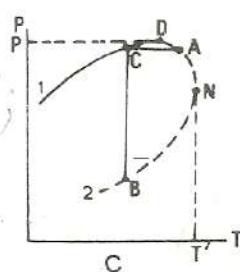
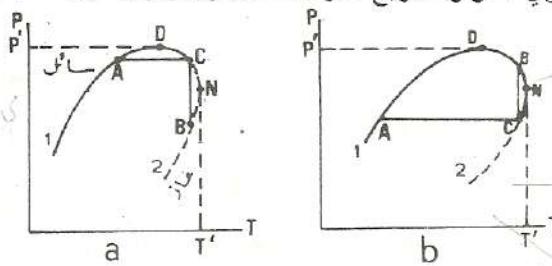
كذلك تحدث تغيرات غير عادية عندما تكون درجة الحرارة أكبر من درجة
الحرارة الحرجة (المجال $CN\bar{B}C$) . فمثلاً لدى انخفاض الضغط مع ثبات درجة
الحرارة من النقطة H وإلى النقطة M التي تقع على منحني نقاط التكتف فإن النظام
سيمر من خلال المجال الثاني الطور . في البداية فإن كمية المكتف في النظام ستزداد
حتى تصل إلى القيمة الأعظمية ومن ثم ستبدأ بالقصاص حتى تصل النقطة M والتي
تكون كمية المكتف فيها مساوية الصفر . إن هذه العمليات غير الطبيعية للتحولات
الطورية التي جرى الكلام عنها لنظام المركبات الثانية وما فوق للمجال فوق القيم
الحرجة تسمى بالتكتف والتباخر المعاكس .

يمثل الفنحني البياني الموضح بالشكل رقم (38) أنظمة كثيرة ولكن حدوث
مجال التكتف والتباخر المعاكس وشكل منحنيات الضغط والحجم والحرارة
($P.V.T$) للمجال الحراري من الممكن أن تأخذ أشكالاً أخرى نتيجة لغير تركيب
المهيدروكربيونات . فمثلاً الشكل رقم ($a - 39$) يشبه الشكل (38) ، الذي يمثل
علاقة الحجم والضغط . في المجال BCN سيحدث التكتف الإزومترى المعاكس

وفي المجال ACD سيحدث التبخر الاذوباري المعاكس .



شكل رقم 38 خطوط تساوي الحرارة لمزيج المركبات الهيدروكربونية قرب المجال الحراري



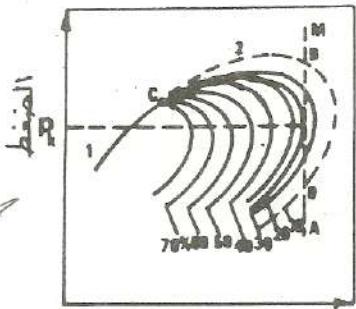
شكل رقم (39) الأشكال المتنوعة الطورية

١ - منحني نقاط التبخر ، ٢ - منحني نقاط التكثف

إذا كان المجال الحرجة ممثلاً بالشكل رقم (b - 39) ، حيث أن النقطة الحرجة C موجودة عند قيم أصغر من القيم الأعظمية من الضغط والحرارة T و P' الواقعة على منحني نقاط التبخر ، لذلك فالتبخر الإزوتيرمي المعاكس سيحدث في المجال $ACND$ والتبخر الأزوباري المعاكس سيحدث في المجال CBN

تقع النقطة الحرجة عادةً على يمين الضغط الأعظمي والذى عنده يوجد مجال ثانى للغاز والسائل عند الهيدروكربونات الحاوية على نسبة أكبر من المركبات الثقيلة من الهيبتان وما فوق ، أما نسبة الميتان فستكون قليلة كما في الشكل رقم (b - 39) كذلك فإن الظواهر المعاكسة تتصف بصفات المنحنى البياني الموضح بالشكل رقم (c - 39) عندما يكون الضغط الأعظمي P' واقعاً على منحني نقاط التكثف والضغط الحرجة واقعاً بين P' والضغط الذي يقابل الكريكوندينثيرم أما التكثف الإزوتيرمي المعاكس سيحدث على أي خط عمودي لا يمر ضمن المجال $BCDN$ ، أما في المجال CAD فسيحدث التكثف الأزوباري المعاكس مثل هذه المنحنيات تتصف بها الغازات الثقيلة والمكتنفات الغازية .

من الشكلين السابقين (38) و (39) نستنتج أن الظاهرة الإزوتيرمية المعاكسة تحدث فقط عند درجة حرارة أعلى من درجة الحرارة الحرجة وأخفض من درجة الكريكوندينثيرم . أما الظاهرة الأزوبارية المعاكسة فستحدث بين الضغط الحرج وضغط الكريكوندينثيرم . إن ظاهرة التكثف والتباخر المعاكسة يرافقها دوماً تغير في التركيب والنسب الحجمية للسائل والغاز . اعتماداً على المنحنى البياني الموضح بالشكل رقم 40 والذي يشبه الشكل السابق (b - 39) يمكننا متابعة سير ظاهرة التكثف والتباخر المعاكسة . في الشكل رقم (40) رسمت منحنيات إضافية توضح كمية الهيدروكربونات (بالنسبة المئوية) في النظام والمتواجدة في الحالة السائلة عند ضغوط ودرجات حرارة مختلفة . لنفترض أننا نتابع سير عملية الظاهرة المعاكسة حسب الأزوتيرم AM الموضح بالشكل رقم (40) .



°C درجة الحرارة

شكل رقم (40) المنحني الطوري للمجال القريب من النقطة الحرجة

1 - منحني نقاط التبخر ، 2 - منحني نقاط التكثف

عند الضغط الذي تتصف به النقطة O فإن جزيئات النظام تقترب من بعضها كثيراً وستزداد قوة تأثير التجاذب بينها لتكوين السائل المكون من المركبات الهيدروكرboneية الثقيلة ، وستحدث هذه العملية حتى النقطة P_k . عند هذا الضغط ستفصل الكمية الأعظمية من السائل ويسمى بالضغط الأعظمي للتكتف . بمتابعة زيادة الضغط أكثر من P_k فإن الجزيئات الهيدروكرboneية ستدأ من جديد بالتوغل في الوسط الغازي . الكثافة النسبية للغاز ستزداد وستبدأ المركبات السائلة انحلالها في الوسط الغازي الكثيف بالارتفاع إلى حين انتهاء عملية التبخر المعاكسة .

ما ذكر أعلاه نستنتج أن عملية التبخر المعاكسة يمكننا تحليلها وفهمها وكأنها عملية انحلال للمركبات الثقيلة في الغاز الكثيف المشابهة لانحلال المركبات الثقيلة من النفط في البنزين الخفيف . إن الحقول والمكامن التي تحدث فيها عملية التكتف المعاكسة هذه تسمى بمكامن المكتفات الغازية .

1 - 4 - شروط توضع الهيدروكرboneات في المكان الماء الغازية والمكتفات الغازية والنفطية :

شوهد سابقاً أن النظام يوجد في الطبقة بشرط المكتف الغازي إذا كان المنحني البياني لمزيج الهيدروكرboneات مشابهاً للمنحني البياني الموضح بالشكل رقم (b - 39) أو بالشكل رقم (40) ، حيث أن درجة الحرارة الطبقية ستكون واقعة

$$\text{كمتر متر} < t < \text{آخر متر}$$

ضمن المجال بين درجة الحرارة الحرجة وبين درجة الكريكوندينتيرم وعندما يكون الضغط الطبقي البدائي أكبر من ضغط نقاط التكثف أو مساوياً له .

لدى زيادة كمية المركبات الثقيلة فإن المنحني الطوري للنظام سيتوسّع والنقطة الحرجة ستزاح لطرف ازيد الحرارة . في أثناء استثمار مثل هذه المكامن فإن مزيج الهيدروكرbones في الطبقة سينتقل إلى المجال الثاني الطور وذلك نتيجة لانخفاض الضغط الطبقي إلى القيمة التي هي أصغر من الضغط في نقاط التكثف . إن المكتفات الغازية للمكامن الحديثة الاستثمار من الممكن أيضاً أن تكون واقعة في المجال الثاني الطور إذا كان الضغط الطبقي أقل من ضغط نقاط التكثف .

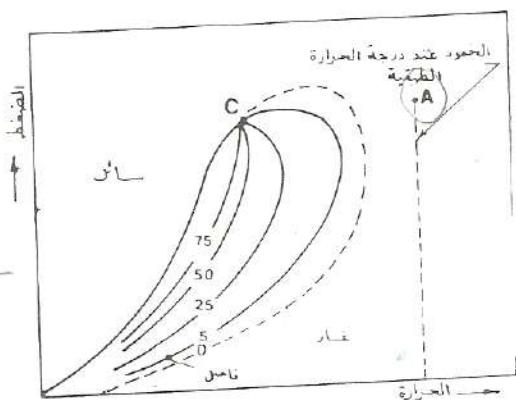
المنحنيات الطورية للهيدروكرbones للمكامن الغازية والتي تنقر إلى المركبات الثقيلة (الغاز الجاف) والحاوية على مركبات الفحوم الهيدروجينية الثقيلة (الغاز التقيل) ستكون أكثر ضيقاً من المنحنيات الطورية للمكتفات الغازية ، والنقطة الحرجة لها ستكون متزاجة إلى طرف انخفاض الحرارة . وبما أن درجة الحرارة الطبقية أكبر من درجة الكريكوندينتيرم للغازات الثقيلة (شكل 41) فإن مثل هذه الغازات ستوجد في طور أحادي . إن استثمار هذه المكامن سيتم في شروط الطور الواحد حتى انتهاءه ، فإذا لم تخفض درجة الحرارة الطبقية أثناء الاستثمار كما هو الحال في الظروف العملية الحقيقة فإن الهيدروكرbones السائلة ستفصل عنه إما بالفاصل أو في أثناء انتقال الغاز من قاع البئر وإلى فوهته .

يتكون الغاز الجاف بالإضافة من الميثان ويحتوي على كمية قليلة من المركبات الهيدروكرbone الثقيلة ، حيث لا تفصل عنه حتى في الفاصل (انظر الشكل 42) .

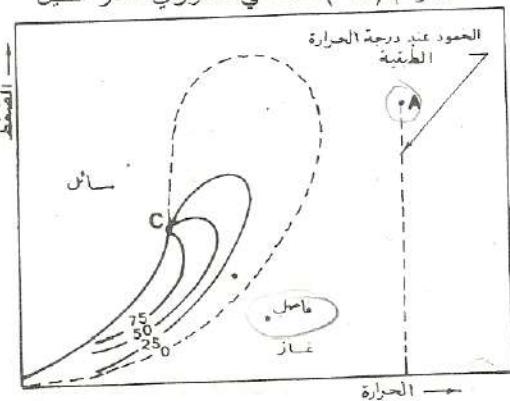
لدى وجود قبعة غازية في المكمن النفطي فإن القسم الغازي من المكمن أن يكون إما من الغاز الجاف أو الغاز التقيل أو الغاز المكثف ولكنها تتعلق بدرجة احتوايتها على المركبات الهيدروكرbone الثقيلة التي تنتقل من النفط إلى الجزء الغازي عند الشروط الطبقية . الشكل رقم (43) يوضح الرسم التخطيطي للمنحنيات

٢٠١٨ - ٢٠١٩
مِنْهُمْ نَعْلَمُ لَنَا مَسْتَقْبَلَهُ لَمْ يَرَهُ أَيْضًا

الطوري للقيمة الغازية والنفط المتوضع إلى جانبيها .



شكل رقم (41) المنحني الطوري للغاز الثقيل

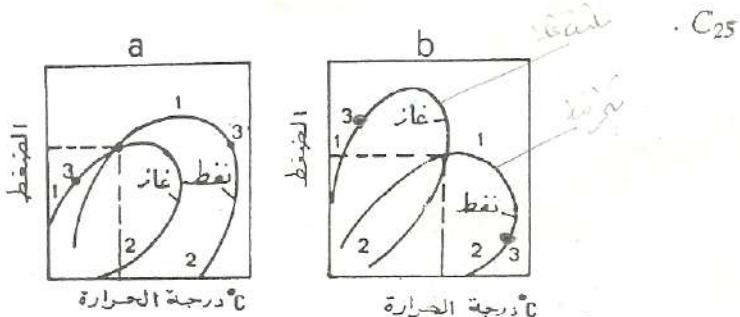


شكل رقم (42) المنحني الطوري للغاز الجاف

القيمة الغازية a متوضعة في نقاط التكثف ولذلك فإن منحنيات نقاط التكثف للغاز ومنحنيات نقاط التبخر للنفط ستتقاطعان عند قيم الضغط P والحرارة T بالشروط الطورية .

ما ذكر أعلاه نستنتج أنه في الشروط الحقيقة ولدى استثمار مكان النفط والغاز سنواجهنا تغيرات طورية مختلفة الأنواع . لتجنب فقدان كميات من

الهييدروكربونات ، علينا بالأخذ بعين الاعتبار التحولات الطورية و دراستها في أشاء سير عملية الاستثمار للمكمن وخاصة دراسة ميزات وصفات التحولات الطورية لمكامن المكتفات الغازية ، لأنه من الممكن أن تحدث عملية ضياع كميات ليست بقليلة من المركبات الثقيلة نتيجة لتحريرها من الغاز في الطبقة (من الممكن احتواء المكتفات الغازية في الطور الغازي على المركبات الهيدروكربونية الثقيلة جداً حتى



شكل رقم (43) المنحنيات الطورية . القبعة الغازية المتماسة مع النفط

a - قبعة غازية متوضعة عند شروط المكتفات الغازية .

b - قبعة غازية ، حيث لا يلاحظ ظواهر معاكسة أشاء استثمار المكمن .

1 - منحنيات نقاط التبخر ، 2 - منحنيات نقاط التكثف ، 3 - النقاط الحرجة .

P و T الضغط والحرارة بالشروط الطبقية .

١ - ٥ - تأثير تركيب الهيدروكربونات ، الضغط والحرارة والتحولات الطورية على نظام المكتفات الغازية :

يتميّز تركيب الهيدروكربونات لمكامن المكتفات الغازية بصفاته المتعددة و يحتوي على الميثان الذي تتغيّر نسبته ضمن المجال 95% - 75% والإيتان والبروبان والبوتان من أجزاء النسبة المئوية وإلى 12% - 11% ، كذلك يحتوي على C_5 والمركبات الأخرى الثقيلة التي تقل قيمها إلى 9% .

$$C_1 = (75 - 95\%)$$

$$(C_2-C_5) = (18 - 12\%)$$

$$C_5^+ = (9\%)^{99}$$