

تأثير الحقل الكهربائي الخارجي على آلية تبخر قطرات المحاليل الملحية

الدكتور علي محمد سعد*

(تاريخ الإيداع 4 / 3 / 2009. قُبِلَ للنشر في 29 / 4 / 2009)

□ ملخص □

يقدم البحث النتائج التجريبية لآلية تبخر قطرات الماء المقطر و محاليل كلور الصوديوم بنسب تركيز 3 % و 15% . حيث تم تعيين قيمة ثابت التبخر K للمحاليل المذكورة. وكذلك تم رسم الخطوط البيانية لآلية تغير مربع نصف قطر القطرات بدلالة الزمن $r^2 = f(t)$ عند القيم KV (6,3,1,0) كجهد مطبق للحقل الكهربائي الخارجي المتناوب و المستمر .

حيث من دراسة تلك النتائج التجريبية تم استنتاج عدم تأثير الحقل الكهربائي الخارجي على سرعة تبخر قطرات الماء النقي ،في حين نرى تأثيره الواضح على سرعة تبخر قطرات المحاليل الملحية بسبب تشكل طبقة كهربائية مزدوجة في سطح القطرات.

الكلمات المفتاحية: انتشار، تفكك، ثابت التبخر K ، عامل التوتر السطحي، المزدوجة الحرارية، ضغط البخار الجزئي ، تزدنذ.

* أستاذ مساعد - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

The Effect of an External Electric Field on Evaporation Mechanics of Drops of Saline Solution

Dr. Ali Muhammad Saad*

(Received 4 / 3 / 2009. Accepted 29 / 4 / 2009)

□ ABSTRACT □

We studied the evaporation mechanics of distilled water drops, and the solution of sodium chloride, with concentration of 3% and 15%. We calculated in this study the evaporation constant for these solutions. Also we were able to plot the dependence of drops surfaces as a function of time for voltages (0,1,3,6) KV , DC and AC of the external field.

We found that the external applied field does not affect the speed of Evaporation for distilled water drops ,but it dose affect the speed of vaporization of saline solution drops, because of the formation of double electric layer in the drop surface.

Key words: diffusion, dissolution, evaporation constant, surface tension coefficient, thermocouple, partial vapor pressure, spray.

*Associate professor, Department of physic, Faculty of Science, Tishreen University, lattakia, syria.

مقدمة:

درست آلية تبخر قطرات السوائل بما فيها الماء و المحاليل المائية للأملاح من قبل العديد من الباحثين [4 - 1] تظهر صعوبات لا يستهان بها أثناء دراسة عمليات تبخر قطرات المحاليل الملحية التي تتطلب حدوث عمليات سطحية كالانتشار و التفكك و الانحلال لجزيئات الأملاح. تؤدي هذه العمليات في بعض الحالات إلى ظاهرة شدوذ، على سبيل المثال النظام النبضي لتبخّر قطرات المحاليل الملحية أثناء إدخال المنظومة في اللهب الهيدروكربوني [6 - 5] .

يظهر عدم اكتمال النماذج النظرية [7 ، 2 ، 1] التي تصف آلية تبخر قطرات السوائل و محاليلها الملحية أنه أثناء هذه الدراسات لم يأخذ بعين الاعتبار العمليات الحقيقية كالشحن الكهربائي الساكن للجزيئات والوسط المحيط بها ، وكذلك تأثير الحقول الكهربائية على ثابت التبخر.

أهمية البحث وأهدافه:

تتم أهمية دراسة تبخر المحاليل الملحية في إمكانية استخدامها في محطات توليد الطاقة الكهربائية من خلال ضخها في حجرة الاحتراق أو نتيجة مزجها بالوقود المستخدم و الهدف من ذلك زيادة مردود تلك المحطات.

طرائق البحث ومواده:

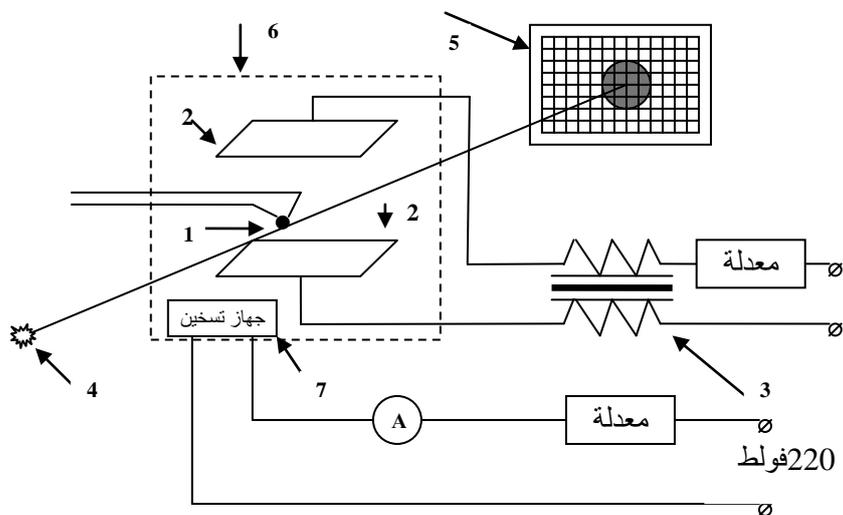
اعتمد البحث على طريقة القطرات المعلقة التي يمكن دراستها بواسطة المحطة المبين مخططها بالشكل 1. و قد درست النتائج التجريبية من خلال تحليلها كما هو مبين في البحث*.

النتائج والمناقشة:

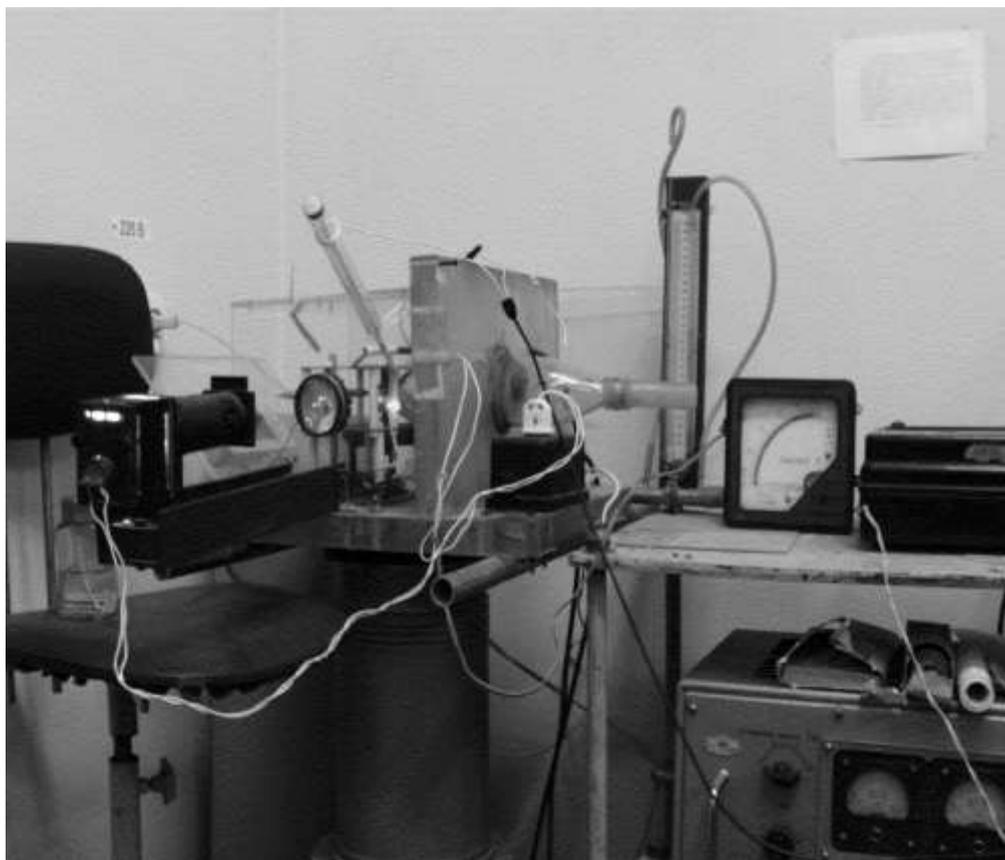
واضح أنه أثناء تبخر السائل في وسط بلازمي فإن سطحه يشحن نتيجة تبادل الشحنات بين الطورين لذلك تجري عملية التبخر في الحقل الكهربائي الذي يمكن أن يستقطب الجزيئات [9 ، 8]، و يؤثر على انتشار الجزيئات والايونات و بالتالي تلفت الانتباه إلى أن المحاليل الملحية تحتوي كمية لا بأس بها من الايونات الإيجابية و السلبية، التي تستطيع المشاركة في العمليات الكهروفيزيائية .

إن العمليات التقنية المختلفة تتعلق بتكاثف أبخرة السوائل و تبخر القطرات بأشكال منها : تبريد الغازات بطريقة تزيذ الماء ، تجفيف المحاليل اللزجة بالرش (التزيذ) ، تحلية مياه البحر من أجل أغراض تقنية غذائية والحصول بطريقة البلازما الحرارية على أكاسيد بعض المعادن من المحاليل المائية الملحية [10] .

* أجريت التجارب في مخبر جامعة أوديسا الوطنية عام 2007 .



الشكل 1 : مخطط المحطة التجريبية . 1- القطرة المعلقة بمزوجة حرارية . 2 - صفيحتا المكثف
3 - منبع الجهد العالي. 4 - منبع ضوئي. 5 - شاشة . 6 - حجرة . 7 - جهاز تسخين.



الشكل (2) : الشكل العام للمحطة التجريبية

ويرتبط عمل المحركات ذات المكابس والمحركات النفاثة بشكل مباشر بتبخر قطرات الوقود المشحونة، لذلك بمعرفة الأسس الفيزيائية لعمليات تبخر قطرات السوائل في حقل كهربائي يمكن تنظيم عملية احتراق الوقود . بهذا الشكل فإن دراسة العمليات الحركية أثناء تبخر قطرات الماء و محاليل الماء الملحية تحت تأثير الحقول الكهربائية الخارجية المستمرة و المتناوبة تثير الاهتمام من أجل فهم آلية التبخر بهدف إيجاد نموذج نظري ، وكذلك من أجل تطوير تكنولوجيا الإنتاج.

في هذا البحث أجريت دراسة تجريبية لآلية تبخر قطرات الماء النقي (المقطر) و قطرات المحلول المائي بنسب 3% و 15% لكلور الصوديوم NaCl تحت تأثير حقول كهربائية مستمرة أو متناوبة.

التجارب أجريت على محطة بطريقة القطرات المعقفة . مخطط المحطة المبين على الشكل 1 و المنظر العام للمحطة مبين على الشكل 2 . قطرة معقفة بالمزدوجة الحرارية 1 ، التي قيست بمساعدتها درجة حرارتها وضعت المزدوجة الحرارية مع القطرة بين صفيحتي المكثف المتوازيين 2 ، اللتين من خلالهما يطبق جهد كهربائي مستمر أو متناوب من منبع الجهد العالي 3 . تساوي مساحة كل صفيحة 165 cm^2 و المسافة بين الصفيحتين مقدارها 6 cm . جهد الحقن الكهربائي يتغير ضمن حدود واسعة (كبيرة) وضعت ضمن المحاليل من 200 إلى 1000 v/cm^2 .

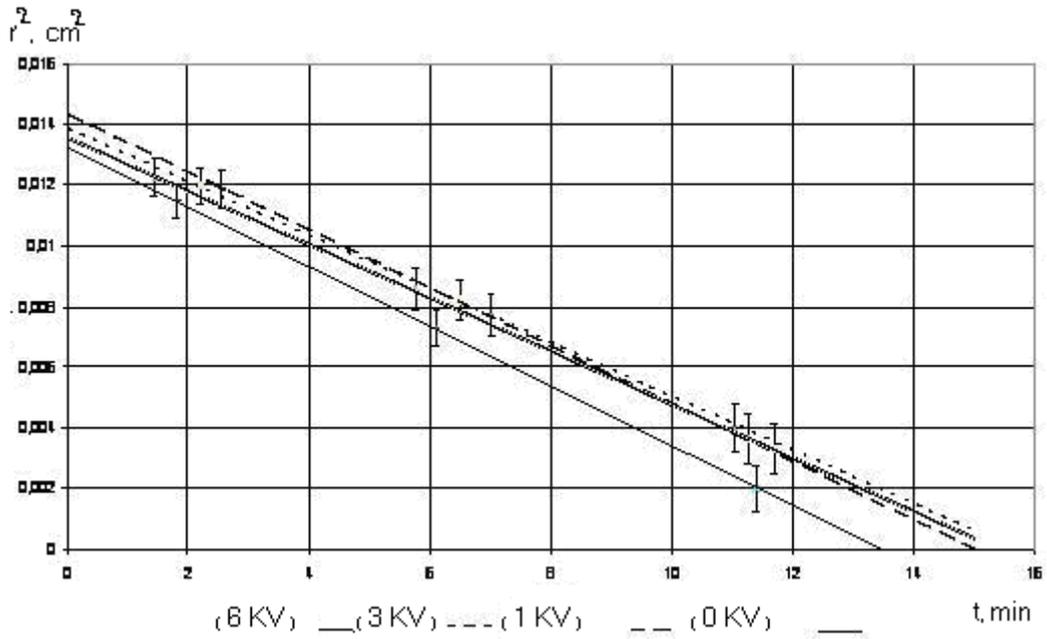
رأس المزدوجة الحرارية الذي تعلق عليه القطرات هو عبارة عن كرة صغيرة قطرها 2 mm . والتي يمكن أن يعلق عليها قطرات قطرها $4 - 5 \text{ mm}$ و سطحها كروي بشكل جيد . و في حالة الانحراف عن الشكل الكروي بتأثير العوامل الخارجية (وزن القطرة ، الحقل الكهربائي) . قيست الأقطار أفقياً و عمودياً للقطرة وحسب سطحها بأخذ القطر الوسطي .

الحزمة الضوئية المتوازية من المنبع 4 ، تسقط ظل القطرة على الشاشة 5 بورقة ميليمترية . يحدد حجم القطرة من خلال هذا الإسقاط على الشاشة بحساب عامل التكبير .

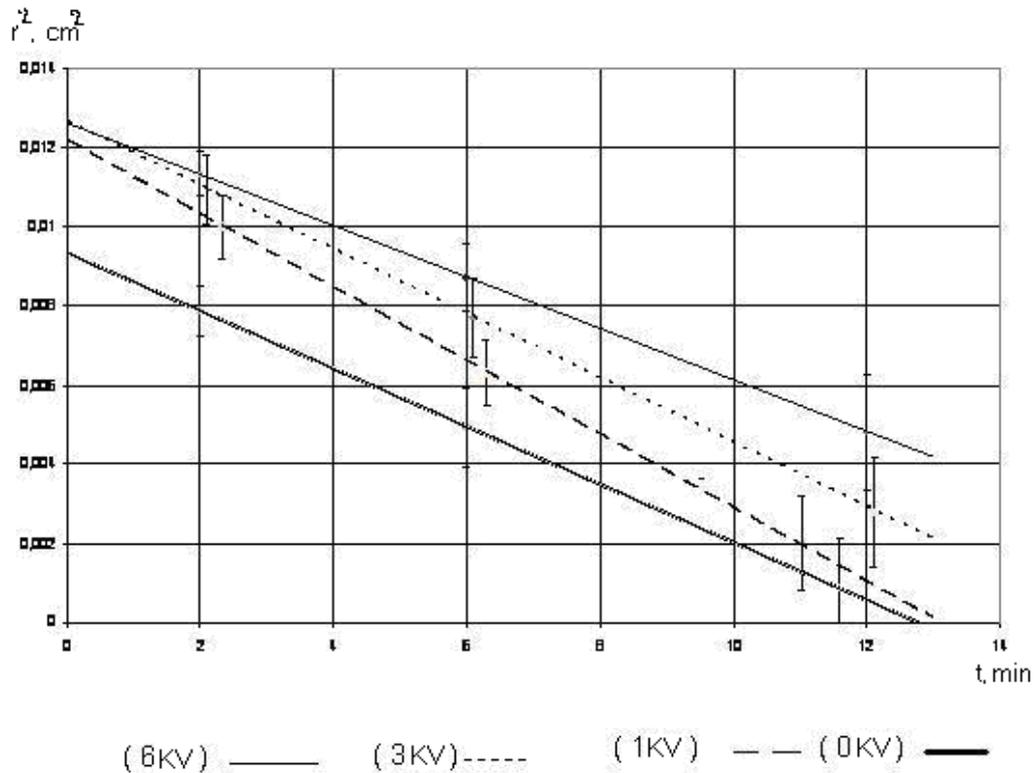
رصدت آلية تغير حجم القطرة بآلة تصوير فيديو ، و بهذا الشكل توفرت إمكانية تسجيل حجم القطرة ودرجة حرارتها بأن معا.

وضعت المزدوجة الحرارية مع القطرة و المكثفة في الحجرة 6 مع جدران شفافة بحجم $V = 15 * 10^{-3} \text{ m}^3$ للحجرة سمح هذا باستقرار درجة حرارة القطرة و سمح لتيارات الحمل بالتأثير على آلية تبخر القطرة و الحفاظ على درجة حرارة ثابتة مساوية $(1 \pm 40)^\circ\text{C}$ بمساعدة جهاز التسخين 7 و منظم الحرارة. قبل البدء بأخذ القياسات نشحن الهواء لمدة 30 sec .

تعلق على رأس المزدوجة الحرارية بمساعدة قطارة قطرة الماء و قطرات محلول NaCl المدروس . قيست أقطار القطرات كل مرة خلال $3, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14 \text{ min}$. تم إجراء قياس أقطار القطرات قبل انتهاء تبخرها بالكامل للماء المقطر أما قطرات المحلول NaCl فحتى بداية التبلور . بعد تبخر قطرة المحلول تنظف بدقة المزدوجة الحرارية بالأسيتون و تجفف . بعد ذلك تعلق قطرة جديدة .



شكل 3 : آلية تغير قيمة مساحة سطح قطرات الماء المقطر عند 40°C في الحقل الكهربائي الساكن



شكل 4 : آلية تغير مقدار مساحة سطح قطرات محلول NaCl بتركيز 15 % عند درجة الحرارة 40°C في الحقل الكهربائي الساكن .

أجريت التجارب عند قيم ثابتة للجهد وكذلك لتراكيز المحاليل الملحية و الماء النقي و كررت التجارب ثلاث مرات لكل منها بهدف تحديد القيم الوسطى و أخطاء القياس ، أنشئت الخطوط البيانية التابعة مربع القطر للزمن $r^2 = f(t)$ وفق القيم الوسطى لحجم القطرات .

نفترض أن طبيعة تغير سطح قطرات المحلول هو نفسه في حالة السائل النقي ، أي أنه يتحقق من أجل المحاليل قانون سريزنيسكي .

يبين الشكل 3 الخطوط البيانية لتابعة مقدار تغير مساحة سطح قطرات الماء النقي للزمن أثناء تبخرها ضمن حقل كهربائي مستمر عند درجة حرارة الوسط مساوية 40°C . يصف المنحني المتصل آلية تبخر القطرات بدون حقل كهربائي خارجي ، و تصف المنحنيات المتبقية تلك التابعة عند الجهود المختلفة لألواح المكثف .

كما هو واضح فإن المنحنيات التابعة لها طابع خطي يدل على طابع الانتشار للتبخر، عند رفع جهد الحقل الكهربائي الخارجي المستمر ، يتغير ميل المنحنيات لحدما ، نتيجة لذلك يتباطأ التبخر . نلاحظ أن تأثير قيمة الحقل الكهربائي الخارجي على التبخر ليس كبيرا .

على الشكل 4 . توجد الخطوط البيانية التي تصف آلية تبخر قطرات محلول NaCl بتركيز 15 % في حقل كهربائي مستقر عند درجة حرارة للوسط مساوية 40°C . كما هو واضح في الحقل الكهربائي يتغير ميل المنحنيات ، في هذه الأثناء تتزايد سرعة التبخر . يحدد (يعين) ثابت التبخر k كظل لزاوية ميل المنحني $r^2 = f(t)$.

نتائج تحديد ثابت التبخر للماء النقي و المحاليل المائية للأملح موضحة في الجدول التالي:

جدول بثوابت تبخر الماء و المحاليل المائية للأملح ($10^{-3} \cdot \text{cm}^2 / \text{min}$)

Nacl 15%	Nacl 3%	H2o	U ,KV	
0.722	0.837	0.960	0	التبخر بدون تأثير حقل كهربائي
1.015	0.841	0.919	1	جهد مستمر
0.817	0.823	0.872	3	
0.739	0.991	0.915	6	
0.571	0.40	0.750	1	جهد متناوب
0.50	0.429	0.416	3	
0.571	0.438	0.833	6	

افتراض أثناء تحليل النتائج التجريبية ، أن التبخر يجري بالتوافق مع قانون ماكسويل و قانون راوول للمحاليل المثالية ، و كذلك يحقق الصيغة :

$$\ln \frac{P_0}{P_\infty} = \frac{1}{RT\rho} \left[\frac{2\sigma}{r} - \frac{q^2}{8\pi\epsilon r^4} \right]$$

التي تأخذ بعين الاعتبار تأثير الشحنات الزائدة للقطرات على سرعة التبخر . حيث p_{∞} ضغط البخار المشبع على سطح القطرة ، p_0 ضغط البخار الجزئي في الوسط المحيط بالقطرة ، r نصف قطر القطرة ، T درجة الحرارة ، ρ الوزن النوعي للسائل ، σ ثابت التوتر السطحي ، q شحنة القطرة .
و هكذا بقدر ما تكون القطرات كبيرة ، فإنه يهمل تأثير انحناء (تقوس) السطح على التوتر السطحي.

الاستنتاجات والتوصيات:

بتحليل النتائج التجريبية يمكن استنتاج ما يلي :

- 1 - أظهر الحقل الكهربائي الخارجي المستمر و المتناوب تأثيرا على سرعة تبخر قطرات الماء المقطر . يتجلى في تناقص ثابت التبخر تحت تأثير الحقل و تبين أن الحقل الكهربائي المتناوب يؤدي إلى انخفاض سرعة التبخر أكثر منه تحت تأثير الحقل المستمر .
- 2- يتبخر المحلول المائي لكور الصوديوم $NaCl$ بشكل أبطأ من الماء المقطر . و هذا ما يفسر انحلال الملح في الماء و يؤثر على التوتر السطحي للسائل ، و بالتالي على ضغط البخار المشبع المؤثر على تبخر القطرة، و أيضا يتناقص ثابت التبخر بتزايد تركيز المحلول .
- 3- يكون ثابت تبخر المحلول الملحي في الحقل الكهربائي المتناوب أقل بمرتين ، بالمقارنة مع ثابت تبخر الماء المقطر . أما في الحقل الكهربائي المستمر فعلى العكس فإنه يتزايد قليلا بالمقارنة معه بالنسبة للماء المقطر .
- 4- لا يتبع تبخر قطرات المحاليل في الحقل الكهربائي المتناوب لتركيز المحلول في مجالات التركيز المدروسة حتى 15 % .
- 5- تؤدي زيادة شدة الحقل الكهربائي إلى تزايد سرعة تبخر قطرات المحاليل الملحية ، وهذا يدل على أن مساهمة الايونات المشحونة في محلول كهربائي تؤثر بشكل أساسي على الطبقة الكهربائية المزدوجة من سطح القطرة و بالتالي على سرعة التبخر .

يبين البحث المدروس فيما سبق أن الحقل الكهربائي الخارجي يؤثر بفعالية على سرعة تبخر قطرات المحاليل الملحية ، و التي من الضروري أخذها بعين الاعتبار أثناء معالجة النموذج النظري ، لذلك تحديا يظهر إمكانية التحكم بتوجيه عملية تبخر قطرات السوائل و محاليلها الملحية بطريقة التأثير المتبادل للحقل الكهربائي على القطرات المتبخرة .

المراجع:

1. KOZEREV, A.V.; SETNEKOV, A.G. *Evaporation of spherical drops in medium pressure gas* . // YFN. – 2001. – T. 171, №7, 765-774.
2. FYKS, N.A. *Evaporation and growth of drops in gas medium*. - M.: ANUSSR, 1958, 89
3. AMILEN, A.G. *Theoretical bases for the formation smog at vapour condensation* - M. chemistry . 1972,16.
4. KOSHYROVA, N.N. *Ionic equilibrium and electric potential at the boundaries of water-vapour formation*. // *Molecular physics and biophysics of aqueous systems* - 1989. -V. 7, 232-237.
5. DRAGAN, G.S.; MARGASHYK, C.V.; SAAD, A.M. *Potassium evaporation regime at high temperature* . // Тез. докл. ХУ Всесоюзн. конф. по актуальн. вопр. физ. аэродисп. сист.- Odessa. - 1989. - V. 2, 212.
6. DRAGAN, G.S. *Kinematics of drops of sullen solution evaporation in pulsed regime*. //Dopovidi NANY – 2004. - №2, 77-83.
7. KOSHYROVA, N.N.; RYSANOV, A. *Property of surface non-equilibrium of water and solutions* // *Kolloidne journal*. - 1981. - T.39 - AM.1. , 36-42.
8. DRAGAN, G.S. *Mutual thermo dynamical between phases in the plasma of combustion products* . // *Am.Odessa journal Univer*. - 2003. – T.8. – v.2. PHz.-mat.séance, 163-185.
9. MYSHNIK, V.M. *The study of drops electrification, when the drop evaporate and returns to its normal size ,in electric field*. // *meteorology and hydrology* . - 1952. - am.9, 28-30.
10. TIKHOMIROV, V.A.; KAREISHIN, A.G.; KVESKO, S.B. *Calculations of plasma parameters for thermal processes , by studying the scattering of water solutions for sullen metal*. // *Physics and chemistry of metal processing* - 1984. - V.5, 452-458.

