

УДК 53917

И. Н. БЕКМАН. И. Л. ТӘЖИБАЕВА А.А. КҮЙКАБАЕВА

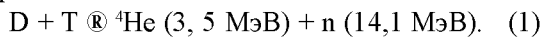
## ҰЗАҚ РЕАКТОРЛЫҚ СӘУЛЕЛЕНДІРУДІҢ ТЕРМОЯДРОЛЫҚ РЕАКТОР БЛАНКЕТІНЕ АРНАЛҒАН $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ ЛИТИЙ КЕРАМИКАСЫНДА ТРИТИЙДІҢ ПАЙДА БОЛУЫ МЕН БӨЛІНУІНЕ ӘСЕРІ

Мақалада тәжірибенің техникасы мен әдістемесі, зерттеу объектілері сипатталады, ВВР-К реакторындағы зерттеу нәтижелері,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  литий титанатынан тритийді бөліп алуға арналып жүргізілген тәжірибелер нәтижелерін талдау,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  литий титанатын нұрландыру кезіндегі тритий миграциясы және оның бөліну механизмдері ұсынылына отырып ұзақ реакторлық сәулелендірудің  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  литийлік керамикадан тритийдің туындауына ықпалы анықталған. Литийкерамикалық материалында тритийдің тасымалдану процесін сипаттайтын математикалық негізгі параметрлері анықталған.

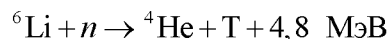
### Кіріспе

Бүгінгі таңда тритий өндіру үшін қатты денелік бридерлік бланкет ең нәтижелі болып табылады. Тритий алу үшін ең қолайлы материалдар болып  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{ZrO}_3$  және  $\text{Li}_2\text{SiO}_4$  есеп-телінеді.  $^6\text{Li}$  изотопымен 96%-ке дейін байытылған  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  литий метатитанат керамикасы (тазасы да титан тотығымен допирленгені де) бланкет үшін де радиациялық беріктілігі тұрғысынан да, тритийді өндіру тұрғысынан да ең қолайлы материал болып есептеледі [1-3].  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  артықшылығы – тритийдің босатылуының төменгі температуралар кезіндегі салыстырмалы жоғары жылдамдығы, химиялық және радиациялық беріктігі және т.б. [1].

D-T отында жұмыс істейтін термоядролық реакторда



Реакция нәтижесінде термоядролық нейтрондар (негізгі энергия тасушылар) түзіледі, олар өз кезегінде плазма көмегімен шығып, бланкеттің литий бар



(2)

реакция өтетін аумағына тиеді.

Бұл кезде тритий түзіліп қана қоймайды, энергия да бөлінеді.

Әдеби мәліметтерді шолу қазіргі кезде тритий туындау процесіне ұзақ реакторлық нұрландырудың ықпалын зерттеуге арнайы эксперименттер жүргізуде бірсыпыра тәжірибе жинақталғанын көрсетті [7-10].

Бұл жұмыстың мақсаты, литийлік керамика 20% жанып кету деңгейіне дейінгі радиациялық сынауларды, нұрландыру кезінде шығарылатын тритийді тіркеумен қатар жүргізу.

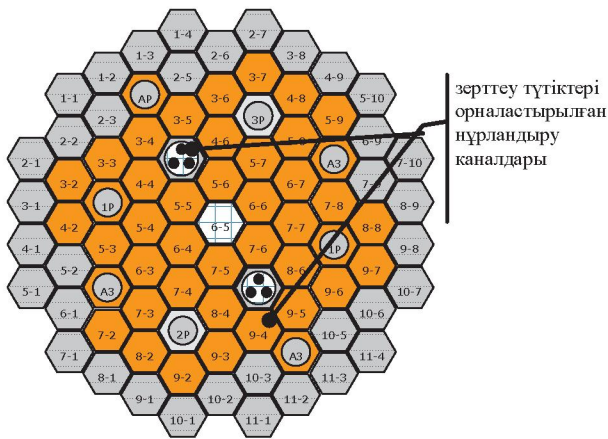
Қазіргі таңда кездесетін жұмыстардың ешқайсысында мұндай ұзақ радиациялық сынаулар жүргізілмеген яғни  ${}^6\text{Li}$  жанып кетуінің мұндай жо-

ғары деңгейіне қол жеткізілмеген және де  ${}^6\text{Li}$  изотопы бойынша 96% байыту деңгейіндегі литийлік керамика қолданылмаған.

### Реакторлық эксперименттерді жүргізу әдістемесі

Шариктер мен таблеткалар түріндегі литийлік керамика үлгілерін радиациялық сынаулар ҚР ҰЯО Ядролық физика институтында ВВР-К (Қазақстандық су-сулық реактор, Алматы қаласы маңында орналасқан) реакторда белсенді өңірдің орталық бөлігінде орналасқан екі тік нұрландыру арнасында жүргізілді. Бұл арналардағы нейтрондар ағымының тығыздығы белсенді өңірдің орталық бөлігіндегі өзгертілмеген каналда (тәжірибелік түтіктерсіз) 1,2-1,4Ч1014см<sup>-2</sup>с<sup>-1</sup> дейін жетті. үлгілерді нұрландырудың толық уақыты реактордың 6 МВт жылулық қуаты кезінде 5350 сағат (220 тәуліктен артық реактордың компанияның жалпы саны – 15) жүргізілді. Реактордың эксперимент әдістемесі [11], [12] жұмыстарында жазылған. Литий керамикасының 12г үлгісі диаметрі ~1 мм шариктер түрінде және 30 дана үлгі диаметрі 8 мм, қалыңдығы 1 мм химиялық құрамы әртүрлі таблеткалар түрінде, 6 сәулелендіру түтіктеріне салынып сәулелендірілді.

Сәулелендіру көрсеткіштерін бақылау мен реттеу және нұрландыру процесінде тритийдің бөліну кинетикасын зерттеу әмбебап тұзақтық қондырғы жүйесі (ӨТҚ) көмегімен жүргізілді. Литийдің жану шамасын бағалау литийлік керамикалық энергия шығаруының калориметрлік әдіспен өлшенген мәнінен алынады. Сәулелендіргіш түтіктерінің құрылымын оңтайлау MPNC кодын пайдаланатын нейтрон-физикалық есептеу әдісімен жүргізілді. ӨТҚ(У-ПУ) әр түтіктен газды сорғызуға, түтіктермен техникалық жүйенің әр түйінін толтыру мен керекті қысымды ұстауға, түтіктік жинамалардағы радиоактивті газды арнаулы контейнерлерге жи-



1-сурет. Литий керамикалы ампулалардың ВБР-К реакторының белсенді аймағында орналасуы

науға, түтіктерге берер алдында гелийді келтіргіш арқылы өткізу жолымен тазартуға мүмкіндік береді. ӨТҚ құрамына бұлардан басқа мыналар да кіреді: газ қоспасын тритийден тазарту жүйесі, тастама ыдыстарындығы тритий мөлшерін технологиялық

бақылау жүйесі, ақпараттық-өлшеу жүйесі [12].

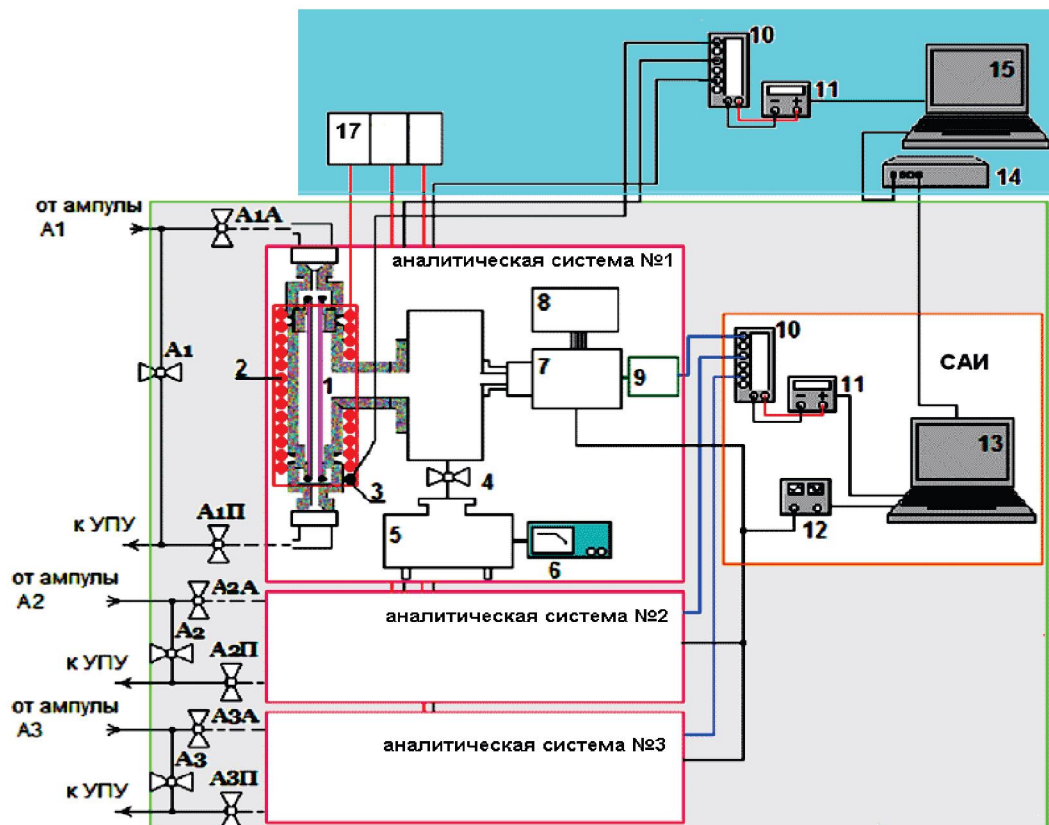
Тритийді тіркеудің автоматтандырылған жүйесі «Сакура» ампулалардың шығысындағы газ қоспасында тритиймен қоса реакторлық эксперимент кезінде түзіліп, изотоп алмастыруға қатысатын ілеспе газдарды (НТО, НТ,  $H_2O$ ,  $T_2O$ ), бір мезгілде үш радиожиіліктік спектрометр көмегімен анықтауға мүмкіндік береді.

Тритий тіркеу жүйесінің жалпы көрінісі 2-суретте бейнеленген.

$Li_2TiO_3$  литий титанатын нұрландыру кезіндегі тритийдің миграциясы және  $Li_2TiO_3$  литий титанатынан тритий туындауы мен пайда болуына ұзақ реакторлық нұрландырудың ықпалы

Тритий өндіру кезінде бланкетте мынадай процесстер өтеді [3], [4]:

1. Түйіршік-кристалда тритий түзілуі;
2. Кристалл-түйіршікте тритийдің оның беткі қабатына қарай диффузиясы;



2-сурет. Реакторлық нұрландыру кезінде тритийдің литийлік керамикадан шығуын өлшейтін жүйенің жалпы көрінісі: 1 – сутегілік (PdAg); 2 – қыздырғыш; 3 – термоқосақ; 4 – вакумдақ сорғызу вентилі;

5 – вакумдық НОРД сорғышы; 6 – сорғыны қоректендіру блогы; 7 – РМО-13 (омегатрон); 8 – омегатронды қоректендіру блогы; 9 – электрометр (ЭМУ); 10 – мультиплексор; 11 – вольтметр; 12 – басқарылатын генератор (ПУГ); 13 – басқарғыш компьютер; 14 – hub; 15 – алыстатылған терминал, 17 – қыздырғыштарды басқарушы блок

3. Диффузияланған тритийдің радиациялық ақаулармен әсерлесуі;

4. Тритийдің түйіршік бетіне адсорбциясы;

5. Тритийдің түйіршік ішінде адсорбциясы;

6. Газ ағынындағы молекулалық сутегі  $H_2$  мен түйіршік бетіндегі тритий арасындағы изотоптық алмасу;

7. Газ ағынындағы су буы мен түйіршік бетіндегі тритий арасындағы изотоптық алмасу;

8. Үрлеу газына сутегін қосқан кездегі түйіршік бетінде су түзілу реакциясы;

9. Материалды күйдіру кезінде пайда болған шекаралық қабат арқылы сутегі мен судың газ ағынына өтуі.

[6] жұмыста  $Li_2O$ ,  $LiAlO_2$ ,  $Li_2ZrO_3$  және  $Li_4SiO_4$  керамикалық бланкеттерде тритий өндірілуін есептеудің жаңа әдісі ұсынылған. Үлгіде керамика көлеміндегі диффузиядағы тритийдің  $I_D$  толық ағынына, түйіршіктер бетіне адсорбция  $I_{ad}$ , түйіршіктер көлеміндегі адсорбция  $I_{ab}$  және түйіршіктер бетіндегі изотоптық алмасу  $I_{ex}$  үлестері ескеріледі.

3-суретте бридерлік материалдан тритий шығарылу процестері сұлбесі бейнеленген.

Тритий туындауының толық ағынын мына теңдеумен өрнектеуге болады:

$$I_{Total} = I_D + I_{ab} + I_{ad} + I_{ex}$$

$$= \frac{G_T d_p^2}{60 D_T} + \frac{Q_{ab} M P_{T_2O}}{(P_{T_2O} + P_{H_2O} + P_{H_2O'})} +$$

$$+ \frac{Q_{ab} M P_{T_2O}}{\left\{ P_{H_2} / \alpha_{ex} + (P_{T_2O} + P_{H_2O} + P_{H_2O'}) / \alpha'_{ex} \right\}} +$$

$$+ \frac{Q_{ex} M P_{T_2O}}{\left\{ P_{H_2} / \alpha_{ex} + (P_{T_2O} + P_{H_2O} + P_{H_2O'}) / \alpha'_{ex} \right\}}, \quad (3)$$

Мұндағы  $G_T$  – бланкетте тритий туындау жылдамдығы (моль/с),  $d_p$  – түйіршіктер диаметрі (м),  $D_T$  – диффузия коэффициенті ( $m^2/c$ ),  $P_{H_2}$  – үрме газдағы сутегінің үлестік қысымы (Па),  $P_{H_2O}$  – үрме газға қосылған су буының үлестік қысымы (Па),  $M$  – бланкеттегі литийлік керамика мөл-шері (моль),  $\alpha_{ex}$ ,  $\alpha'_{ex}$  – изотоптық алмасудың өндірілу коэффициенттері (өлшемсіз),  $Q_{ab}$  – беттегі судың адсорбция коэффициенті (моль  $H_2O$ /моль Li),  $Q_{ad}$  – судың адсорбция коэффициенті (моль  $H_2O$ /моль Li),  $Q_{ex}$  – беттегі изотоптық алмасу коэффициенті (моль  $H_2O$ /моль Li).

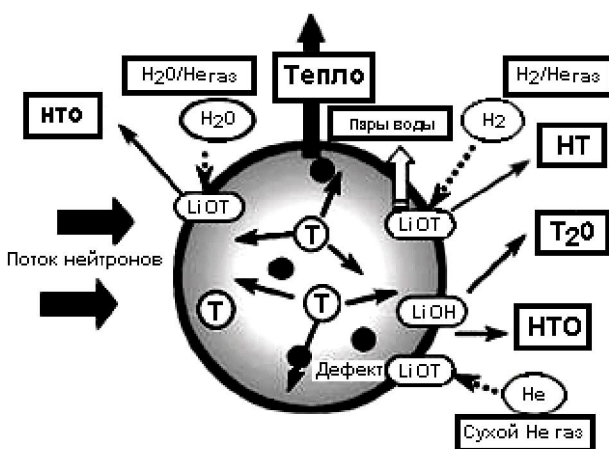
Ұзақ реакторлық сәулелендіру жағдайында литий титанатынан тритийдің туындауы мен шығарылуы процесін математикалық модельдеу

Реакторлық нұрландыру процесінде тритийдің шығарылуы мынадай процестер есебінен өтуі мүмкін:

1. Тритийдің сфералық түйіршіктен тебілу әсері есебінен шығарылуы. Тебілу әсері есебінен түйіршіктен бірлік уақыт ішінде шығарылатын тритий атомдарының санын мына өрнекті пайдаланып бағалауға болады:

$$J_R = C_{Li} \Lambda 4\pi \int_{r_0-R_t}^{r_0} q(r) r^2 dr. \quad (4)$$

Мұндағы  $C_{Li}$  – литийдің сәйкес концентрациясы [атом/см<sup>3</sup>];  $L$  – тритийдің түзілу жылдамдығы тұрақтысы ( $L = \Phi s L_{Sh} N \Phi$  – материал көлемінде нейтрондар туындау жылдамдығы [нейтр/см<sup>3</sup>с<sup>-1</sup>],  $s$  – нейтрондардың литиймен әсерлесуінің тиімді қимасы [см<sup>2</sup>],  $S$  – бет ауданы [см<sup>2</sup>] (сфераның геометриялық бетінің ауданы  $S = 4\pi r_0^2$ ),  $h$  – ядролық реакцияның нақты арнамен өтуінің ықтималдығы (негізінен литий изотоптарының араласпасындағы <sup>6</sup>Li изотопының үлесімен анықталады),  $N$  – атомдар саны);  $r_0$  – сфералық пішінді түйіршіктің радиусы [см] және  $R_t$  – тебілген тритийдің зерттелетін материалдағы жүрімі [см];  $q(r)$  – координаты  $r$  нүктеде



3-сурет. Қатты бридерлік материалдан тритийдің бөлінуі [5]

түзілген тритий атомының тебілу есесінен түйіршіктен ұшып шығуының ықтималдығы.

Интеграл алып тебілген тритий атомдарының сферадан стационар ағынының өрнегін табамыз:

$$J_R = \pi \Lambda C_{Li} \left( r_0^2 R_t - \frac{1}{12} R_t^3 \right). \quad (5)$$

Радиусы  $r_0$  сферада бірлік уақытта туындайтын тритий атомдарының жалпы саны төмендегі формуламен анықталады:

$$G = \frac{4}{3} \pi r_0^3 C_{Li} \Lambda. \quad (6)$$

Сонда тритийдің түзілу жылдамдығына қарай келтірілген (қалыптандырылған) тебілген тритий атомдарының ағыны мынаған тең болады:

$$J_R^* = \frac{J_R}{G} = \frac{3 R_t}{4 r_0} - \frac{1}{16} \left( \frac{R_t}{r_0} \right)^3.$$

(7)

2. Тритийдің НТО өткен кездегі шығынын ескеру.

Тритий тебілу есебінен ғана жоғалмайды, ол тұз молекуласы құрамындағы оттегімен, судағы оттегімен радиациялық-химиялық реакцияға түсуге немесе ОН ион құрамына кіретін немесе кәдімгі судағы протимен алмасуға қабілетті (су мен гидрототықтар тұздарда әркез болады). Тритийді НТО әкететін химиялық процестер жылдамдығы тұрақтысын  $k_x [c^{-1}]$  енгізейік.

$$\frac{dC_T(r, t)}{dt} = \Lambda (1 - q(r)) C_{Li}(r, t) - (k_x + \lambda) C_T(r, t)$$

(8)

немесе

$$\frac{dC_T(r, t)}{dt} = \Lambda_1 C_{Li}(r, t) - \Lambda_2 C_T(r, t).$$

(9)

Мұндағы  $\Lambda_1 = (1 - q(r))$ ,  $\Lambda_2 = k_x + \lambda$ ,  $C_{Li}$  және  $C_T$  – сәйкес литий мен тритий концентрациялары [атом/см<sup>3</sup>],  $\Lambda$  – тритийдің ыдырау тұрақтысы [c<sup>-1</sup>].

3. Тритийдің диффузия есебінен стационарлық бөлінуі.

Егер тритийдің жүрімі кішкентай  $R_t \ll r_0$  ( $J_R^* < 35\%$  үшін) болса, онда түзілу жылдамдығы-

на келтірілген, тебілген тритий атомдарының ағыны

$$J_R^* = \frac{3 R_t}{4 r_0} \quad (10)$$

тең. Туындау жылдамдығына келтірілген тритийдің сферадан диффузиялық ағыны:

$$J_D^* = \frac{3}{\tilde{y}}. \quad (11)$$

Үлкен түйіршіктер үшін беттік қабаттың тебілу эффекті әсерінен тритиймен кедейлену ескерілген тритийдің сферадан келтірілген толық ағынын былайша жазуға болады:

$$J^* = J_R^* + J_D^* = \frac{3\tilde{x}}{4} + \frac{3}{\tilde{y}}. \quad (12)$$

Мұнда  $J^*$  – үлкен түйіршіктер үшін беттік қабаттық тебілу әсерінің есебінен тритиймен кедейленуі ескерілген сферадан келтірілген толық ағыны,  $J^*R$  – түзілу жылдамдығына келтірілген тебілген тритий атомдарының ағыны,  $J^*D$  – туындау жылдамдығына келтірілген тритийдің сферадан диффузия-

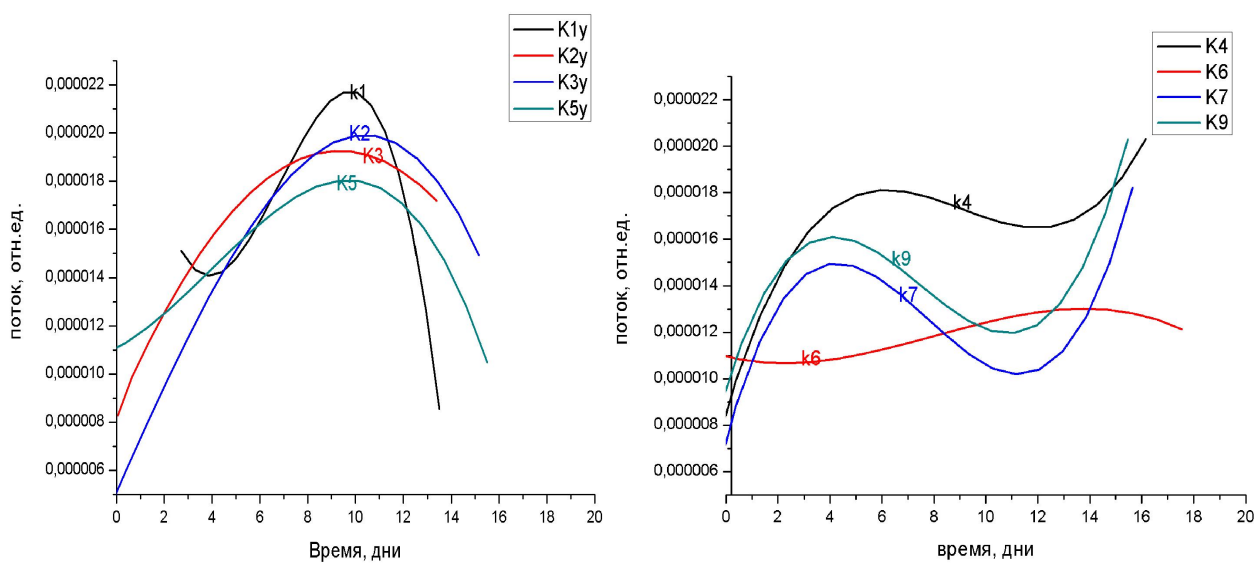
лық ағыны,  $\tilde{x} = \frac{R_t}{r_0}$ ;  $\tilde{y} \rightarrow \infty$ ;  $R_t$  – тритий тебілуінің

зерттелетін материалдағы жүрімі [см],  $r_0$  – сфералық пішінді түйіршік радиусы [см].

### Тритийдің литий титанатынан бөліну механизмі

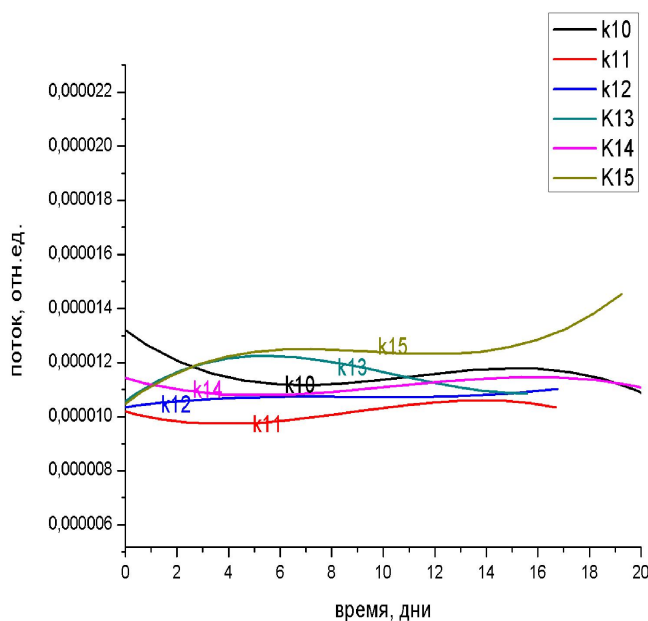
Реакторлық нұрландыру жағдайында литийлік керамикадан тритийдің туындау және шығарылу процестерін математикалық модельдеу мынаны көрсетті: Тұрақты температурада, нейтрондармен нұрландырудың басында тритийдің концентрациясы сызықтық өседі (нейтрондардың флюэнсы мен литий – 6 изотопының концентрациясына пропорционал), одан кейін өсу қарқыны төмендейді, ал, ақырында, үлгідегі тритийдің концентрациясы тұрақтанады – тритийдің туындау жылдамдығы оның радиактивтілік ыдырау жылдамдығымен (тым мартымсыз) және үлгіден шығарылу жылдамдығымен теңгеріледі.

Литий титанатынан тритий ағынының нұрландыру уақытына тәуелділігінің  $J(t)$  қисықтарын сипатына байланысты (біркелкілік дәрежесіне) екінші немесе төртінші дәрежелі полиномдармен жүргізілді. Қиындастыру қисықтарының жиынтығы 4 а, б, в суреттерінде келтірілген.



а) 1–4 кампаниялар

б) 5–9 кампаниялар



в) 10–15 кампаниялар

**4-сурет.** Литийлік керамиканы реакторлық нұрландырудың әртүрлі кампанияларындағы эксперименттік мәліметтерге ұйқастыру қисықтары

Алғашқы кампаниялар үшін барлық  $J(t)$  тәуелділіктер максимум арқылы өтеді, а және b мәндері әртүрлі кампаниялар үшін азғана өзгереді және оларды орташалауға болады. Литийдің жануы (оның тебілу әсерінен алғашқы орнын тастап кететін тритий мен гелийге түрленуі) барысында кристалдық тордың маңызды компоненті жайылады. Пайда болған ақаулар тұзақ сияқты әсер етеді.

Аралық кампаниялар процестің өте тұрақсыздығымен сипатталады және кампания кезінде тритий шығарылуының бірнеше толқуын береді. Екі бәсекелес процесс байқалады: бірінші диффузиялық жол

(ашық тесікшелер) сияқты әсер етіп, диффузияны жеңілдетеді, екіншісі – тұзақтар сияқты.

Ақырғы кампаниялар тритий ағынының біркелкі және азғана өсуімен сипатталады және  $J(t)$  тәуелділігі түзусызыққа жақын. Реакторлық экспериментте литий титанатынан тритийдің бөліну дәрежесі литий-6 бойынша 22% жанып кетуге дейін бридер материалындағы литийдің мөлшері кемігенде аздап қана өседі.

Литийдің айтарлықтай жануына, яғни, литий титанатындағы маңызды құрылымдық өзгерістерге қарамастан, тритий ағыны жуық тұрақты болып қала



береді. Сірә, бұл, тритий көзінің шығынының нұрландырылатын материал шығаратын тритийдің үлесін көбейтетін, жеңілдетілген диффузиялық жолдардың пайда болуына байланысты шығар.

### Қорытынды

Тритийдің  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  литийлік керамикадан туындауы және шығарылуы эксперименталдық зерттелді.

Реакторлық эксперимент нәтижелерінің математикалық өңдеуі жүргізілді. Тритийдің литий керамикасы материалында тасымалдану процесін барабар сипаттайтын математикалық модель ұсынылды. Тритийдің туындауы мен шығарылуын шектейтін механизмдер анықталған.

$\text{Li}_2\text{TiO}_3$  литий мегатитанатының салыстырмалы төмен (200 ден 400 °C дейін) температураларда тритий босатылуының көп үміт күтерлік жылдамдығына дейін тұрақтылығы көрсетілген.

Алынған мәліметтер термоядролық реакторлардың литий негізіндегі бридерлік материалдарын жасауда қолданылуы мүмкін.

### ӘДЕБИЕТТЕР

1. Miller J.M., Hamilton H.B., Sullivan J.D. // Testing of lithium titanate as an alternate blanket material. // J. Nucl. Mater. 1994. V. 212-215. P. 877-880.
2. Zeschky J., Goetz-Neunhoeffer F., Neubauer J., Jason Lo S.H., Kummer B., Scheffler M., Greil P. // Pre-ceramic polymer-derived cellular ceramics // Composites Science and Technology. 2003. V. 63. P. 2361.
3. Nishikawa M., Baba A., Kawamura Y. // Tritium inventory in  $\text{LiAlO}_2$  blanket. // J. Nucl. Mater. 1997. V. 246. P. 1-8.
4. Nishikawa M., Baba A. // Tritium inventory in  $\text{Li}_2\text{ZrO}_3$  blanket // J. Nucl. Mater. 1998. V. 257. P. 162-171.
5. Kudo H., Okuno K. // Tritium behavior in blanket system // J. Nucl. Mater. 1988. V. 155-157. P. 524.
6. Hashimoto K., Nishikawa M., Nakashima N., Beloglazov S., Enoeda M. // Fusion Eng. and Des. 2002. V. 61-62. P. 375-381.
7. Verrall R.A., Jones J.K. AECL-11768 (CFFTP G-9637), (1997).
8. Van der Laan J.R., Conrad R., Bakker K., Roux N. M.P. // Stijkel, Proc. 20<sup>th</sup> Symp. On Fusion Technology. France, 1998. P. 1239-1242.
9. Tsuchiya K., Nacamichi N., Nagao Y., Enoeda M., Osaki T., Tanak S., Kawamura H. In Situ Tritium Recovery Experiments of Blanket In-pile Mockup with  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  Pebble Bed in Japan // Journal of Nuclear Science and Technology. V. 38, N 11. P. 996-1003 (November 2001).
10. Van der Laan J.G., Boccaccini L.V., Conrad R., Fokkens J.H., Jong M., Magielsen A.J., Pijlgroms B.J., Reimann J., Stijkel M.P., Malang S. Test-element assembly and loading parameters for the in-pile test of HCPB ceramic pebble beds // Fusion engineering and design 61-62 (2002) 383-390.
11. Тажыбаева И.Л., Кенжин Е.А., Чакров П.В., Аринкин Ф.М., Гизатулин Ш.Х., Бекмухамбетов Е.С., Шестаков В.П., Чухрай Е.В., Кульсартов Т.В., Куйкабаева А., Kawamura H., Tsuchiya K. // Использование реактора ВВР-К для длительных радиационных испытаний литиевой керамики  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  для blanketа ТЯР. ВААНТ. Вып. 2. 2007. С. 3-10.
12. Shestakov V., Tazhibayeva I., Kawamura H., Kenzhin Y., Kulsartov T., Chikhray Y., Kolbaenkov A., Arinkin F., Gizatulin Sh., Chakrov P. // In-pile assemblies for investigation of tritium release from  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  lithium ceramic. Fusion Science and Technology. V. 47. May 2005. P. 1084-1088.

### Резюме

В статье описывается методика и техника эксперимента, объекты исследования, приводятся результаты реакторных испытаний на реакторе ВВР-К, обработка результатов экспериментов по выделению трития из титаната лития  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ . Предложены механизмы миграции трития при облучении титаната лития  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ , и определено влияние длительного реакторного облучения на генерацию трития из литиевой керамики  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ . Выбрана математическая модель, описывающая процесс переноса трития в материале литиевой керамики и найдены основные параметры массо-переноса трития.

### Summary

The paper describes technique of experiment, materials under study, as well as shows results of reactor tests at the WWR-K reactor and analysis of experimental results for tritium release from lithium titanate  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ . There were considered mechanisms of tritium migration under irradiation of lithium titanate  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$  and defined impacts of long-term reactor irradiation on production and tritium release from lithium ceramic  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ . The mathematical model was selected for describing the tritium transfer in lithium ceramic material and main parameters of tritium mass-transfer were defined.

Казахский национальный университет

им. аль-Фараби, г. Алматы

Поступила 24.09.07г.