

Максатова Фарида Нурболовна

[farida.maksatova@mail.ru](mailto:farida.maksatova@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, ядролық физика жаңа материалдар және технологиялар мамандығының 2-курс магистранты, Нұр- Сұлтан, Қазақстан  
Ғылыми жетекші – Жумадилов К.Ш.

Цезий-137 биосфераның радиоактивті ластануының негізгі компоненттерінің бірі. Радиоактивті төгінділердің, радиоактивті қалдықтардың және атом электр станцияларының қалдықтарын өңдейтін зауыттардың төгінділерінің құрамында кездеседі. Бұл радиоактивті нуклид Жер биосферасы үшін ең зиянды ластаушы заттардың бірі болып табылады, сонымен қатар адам денсаулығына да, тірі организмдердің өміріне де зиянды әсер етеді. Адам денсаулығы, жануарлар мен өсімдіктер әлемінің жағдайы таза ауамен байланысты. Жыл сайын атмосфераға ластаушы заттардың көп мөлшері шығарылады. Қазіргі уақытта радионуклидтердің техногендік жинақталуының және қоршаған ортаның антропогендік ластануының салдарынан, цезийдің белсенділігін зерттеу, халықтың денсаулығы мен қауіпсіздігі үшін өте маңызды болды [1].

Әрбір екінші адам аз мөлшерде сәулелену мүмкін. Бірақ сәулеленудің аз дозалары кезінде айқын белгілері болмайды. Цезий-137-нің көп мөлшері ішкі сәулеленуден радиацияның үлкен мөлшеріне әкелуі мүмкін.

Цезий-137-нің ауада таралуының белсенділігіне келетін болсақ, цезий ауада дозаның жоғары қуаты болған жағдайда ғана тұрақтай алады. Біраз уақыттан кейін, цезий сол аймақтың топарығына түседі.

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың төгінділерінен, биогеоценоздардың табиғи дамуындағы радиоактивті элементтер тудыратын дала аймағының қоршаған табиғи кешендеріне күшті техногендік әсер етеді [2]. Өсімдіктер өндіруші бола отырып, кез келген биогеоценоздың азық-түлік тізбегіндегі негізгі деңгейді құрайды. Атмосфералық ауа табиғи ортаның негізгі компоненттерінің бірі болып табылады.

Егер атом электр станциясындағы апат, радиацияны шашырататын құрылғы немесе үйде жасалған ядролық құрылғының жарылуы сияқты радиологиялық оқиға орын алса, маңызды аумақтар ластануы мүмкін. Тазалаудың алғашқы басымдықтары елді мекендерге шоғырлануы мүмкін, нәтижесінде орман алқаптары бірнеше мезгілден өтіп, жоғарғы шатыр материалдары орман қоқысына түседі. Радионуклидтермен ластанған орманда, орман өрті болған жағдайда радионуклидтердің бір бөлігі ауаға шығарылады, ал қалғандары күлде қалады. Сонымен қатар полигондағы жарылыстар кезінде де цезий-137 таралуы барлық қошан ортаны қамтиды [3].

Салдары:

Ластанған аумақтың беткі топырақ қабатындағы радионуклидтердің үлестік құрамын өлшеу кезінде топырақ бөлшектерінің қандай агломерацияларында радионуклидтердің ең көп шоғырлануы жүретінін анықтау маңызды. Осы мақсатта Ақмола облысы бойынша өнеркәсіптік кәсіпорындағы жарылыс алаңдарының топырағының гранулометриялық құрамы зерттеліп және цезий-137 топырақ фракциялары бойынша таралуы талданды.

Кәсіпорындағы жарылыс алаңдарындағы топырақтың гранулометриялық құрамын зерттеу алдында жарылыс алаңының технологиялық алаңдары аумағының жасанды радионуклидпен ( $\alpha$ -,  $\beta$  - және  $\gamma$ -нуклидтермен) Cs<sup>137</sup>ластану дәрежесін анықтау жүргізілді. Кәсіпорынның 5 алаңынан алынған, тереңдігі 0-5 см болатын қабаттағы топырақтың беткі сынамалары талданды. Топырақтың меншікті құрамы Cs<sup>137</sup>  $\gamma$ -нуклидтерінің көлемдік үлгілерде өзін-өзі сіңірудің әртүрлі дәрежесін ескере отырып,  $\gamma$ -спектрометрияны қолдану арқылы аспаптық түрде анықталды. Радиохимиялық бөлу цезий радионуклидтерін үлгіден азот-қышқыл ерітіндіге ауыстырудан тұрады, содан кейін олар экстракциямен және

хроматографиямен жеке радионуклидтерге бөлінеді. Табиғи радиоактивті қатарлардан  $\alpha$ -нуклидтердің болуы бірінші реттік немесе екінші реттік изотоптардың  $\alpha$ -сәулеленуімен бақыланды. Кесте 1 деректерінен цезийдің ең жоғары концентрациясы кәсіпорында жүргізілген жарылыстың А1 алаңында тіркелген.

Басқа алаңдарда  $Cs^{137}$  жасанды радионуклидтермен ластану дәрежесі жаһандық түсулермен деңгейіне дейін мың Бк/кг ( $Cs^{137}$  бойынша) негізделген жергілікті сипаты мен шоғырлану шамасы ауытқиды [11].  $Cs^{137}$  жоғары үлесі А3-72 және А3-73 алаңдарының А3 сынамаларында байқалады.

1-кесте - Кәсіпорын аумағындағы шығындылардағы радионуклидтердің үлестік құрамы

| №  | Сынама номері | $Cs^{137}$ үлесі |
|----|---------------|------------------|
| 1  | А3-75         | 516 ± 23         |
| 2  | А10-15        | 328 ± 10         |
| 3  | А10-143       | <2,8             |
| 4  | А10-147       | 480 ± 11         |
| 5  | А3-72         | 759 ± 15         |
| 6  | А10-152       | <13              |
| 7  | А10-153       | <3,1             |
| 8  | А10-154       | 531 ± 11         |
| 9  | А4- 114       | 580 ± 13         |
| 10 | А3-73         | 677 ± 14         |

Топырақ бөлшектерінің агломерация дәрежесін зерттеу үшін топырақтың гранулометриялық құрамын анықтау құрғақ және дымқыл себу әдістерімен жүргізілді. Салмағы 600-800 г үлгілер 7 фракцияға бөлінді (2 мм; 1,25 мм; 0,71 мм; 0,40 мм; 0,20 мм; 0,1 мм және < 0,1 мм). Кесте 2-де құрғақ себу әдісімен анықталған топырақ фракцияларының пайыздық құрамы туралы мәліметтер келтірілген [12]. Үлгілердің таңдалған топырақ фракцияларында  $Cs^{137}$  концентрациясы анықталды, олар осы кестеде келтірілген, онда фракциялар бойынша цезийдің пайыздық таралуы көрсетілген.

2-кесте - Зерттеу мақсатындағы аумақтағы топырақтың гранулометриялық құрамы (құрғақ себу) және  $Cs^{137}$  фракциялар бойынша таралуы

| № | Сынама номері | Пайыздық үлес      |     |     |     |     |    |     | $Cs^{137}$ фракциялар бойынша таралуы |     |     |     |     |     |     |
|---|---------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   |               | Фракция өлшемі, мм |     |     |     |     |    |     | Фракция өлшемі, мм                    |     |     |     |     |     |     |
| 1 | А1-104        | 2,0                | 1,2 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 0, | <0, | 2,0                                   | 1,2 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | <0, |
|   |               |                    | 5   | 1   | 0   | 0   | 1  | 1   |                                       | 5   | 1   | 0   | 0   | 1   |     |
| 2 | А1-112        | 5,1                | 7,8 | 17, | 12, | 15  | 23 | 19, | 1,0                                   | 10, | 33, | 16, | 10, | 11, | 18, |
|   |               |                    |     | 5   | 6   |     |    | 3   | 3                                     | 5   | 1   | 0   | 3   | 0   | 2   |
| 3 | А2-79         | 10,                | 17, | 15, | 14, | 18  | 14 | 9,3 | 11,                                   | 38, | 0,1 | 29, | 0,2 | 19, | 0,2 |
|   |               | 7                  | 8   | 8   | 5   |     |    |     | 7                                     | 9   |     | 4   |     | 6   |     |
| 4 | А2-84         |                    | 3,6 | 25, | 20, | 19  | 20 | 11, |                                       | 1,7 | 19, | 23, | 21, | 17, | 16, |
|   |               |                    |     | 3   | 3   |     |    | 4   |                                       |     | 7   | 3   | 3   | 4   | 5   |
| 5 | А3-69         |                    | 0,6 | 12, | 15, | 22  | 37 | 12, |                                       | 2,1 | 29, | 0,3 | 42, | 0,4 | 25, |
|   |               |                    |     | 4   | 7   |     |    | 3   |                                       |     | 0   |     | 2   |     | 9   |
| 6 | А3-72         |                    | 1,5 | 25, | 33, | 27  | 9, | 3,2 |                                       | 2,2 | 43, | 2,3 | 1,9 | 35, | 15  |
|   |               |                    |     | 2   | 8   |     | 5  |     |                                       |     | 5   |     |     | 1   |     |
| 7 | А3-73         |                    | 6,9 | 32, | 22, | 23  | 10 | 3,9 |                                       | 9,3 | 36, | 23  | 16, | 9   | 5,4 |
|   |               |                    |     | 8   | 6   |     |    |     |                                       |     | 4   |     | 9   |     |     |
| 8 | А5-176        |                    | 2,7 | 26, | 25, | 24  | 16 | 6,1 |                                       | 3,8 | 22, | 21, | 20, | 20, | 10, |
|   |               |                    |     | 4   | 2   |     |    |     |                                       |     | 7   | 8   | 8   | 2   | 7   |

|    |         |  |     |      |      |    |    |     |  |      |      |      |     |      |      |
|----|---------|--|-----|------|------|----|----|-----|--|------|------|------|-----|------|------|
| 9  | A10-6   |  | 8,3 | 31,4 | 17,1 | 15 | 20 | 8,6 |  | 20,3 | 0,3  | 53,5 | 0,2 | 0,3  | 25,3 |
| 10 | A10-154 |  | 3,6 | 24,6 | 26,5 | 22 | 14 | 9,3 |  | 4,2  | 33,9 | 0,6  | 0,1 | 37,8 | 23,4 |

Радионуклидтердің топырақ фракцияларында таралуы туралы қосымша ақпарат алу үшін топырақ үлгілерін дымқыл себу жүргізілді. Салмағы 600-800 г үлгілер суға малынған, содан кейін ылғал әдіспен 7 фракцияға (2,0 мм; 1,25 мм; 0,71 мм; 0,4 мм; 0,2 мм; 0,1 мм, 0,063 мм) және тұндырылғаннан кейін жуу суынан бөлінген "саз" фракциясына себу жүргізілді.

Радионуклидтердің ластанған кәсіпорын аумағынан қоршаған ортаға таралуы олардың көлденең ауысуына және көшуіне байланысты, олар топырақтың жел және су эрозиясы, радионуклидтердің орналасу нысаны және топырақ кешенімен байланысу дәрежесі сияқты факторлардың салдары болуы мүмкін.

$Cs^{137}$  көші-қон ерекшеліктерін анықтау, сонымен қатар оны табу формаларын және топырақ бөлшектерімен байланыс дәрежесін анықтау топырақтың беткі үлгілерінде (0-5 см қабат) зерттелді.

Зерттеу мақсатындағы жаралыс аумағы және кәсіпорында таралатын шығындыларындағы цезийдің үлесін анықтау және сілтілену нысандарын (топырақ агломерациясымен байланыстылығы) зерттеу нәтижелерінің салыстырмалылығы және тұрақтылығын бақылау үшін екі рет жүргізілді. Мақаланың мазмұны топырақ үлгілерін дәйекті өңдеу цезий үлесін анықтаудан тұрды. Әрбір өңделген үлгі  $Cs^{137}$  мазмұнын анықтады (Бк бірліктерінде).

Осы зерттеу нәтижелері  $Cs^{137}$  -нің негізгі бөлігі белсенді емес және тұрақты түрде бекітілгенін көрсетті.

Қорытындылай келе,  $Cs^{137}$  Ақмола облысындағы өнеркәсіптік кәсіпорын аумағындағы топырақ жамылғысының ластануының ең тұрақты деңгейі өнеркәсіптік кәсіпорынның шығындыларындағы цезий А1 аумағында тіркелгенін атап өткен жөн, бұл салыстырмалы түрде таяз тереңдіктегі жарылыстың салдары болды, содан кейін қарқынды ену байқалды.

Жарылыс топырағының гранулометриялық құрамы топырақ бөлшектері негізінен 0,20; 0,40 және 0,71 мм фракцияларда (кұрғақ себу кезінде) және 0,063 мм және "саз" фракцияларында (дымқыл себу кезінде) шоғырлануымен анықталады. Цезий-137 негізінен ұсақ шаңды бөлшектер мен сазды фракцияларда шоғырланғаны нақты анықталған. Бұл жағдайды топырақтың беткі қабатын бекіту және бүлінген жерлерді қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу кезінде ескеру қажет. Бөлшек шаймалау әдісі цезий-137 негізінен топырақ бөлшектерімен тығыз байланысты екенін көрсетті,

Бұл зерттеуде жарылыс нәтижесінде пайда болған цезий мөлшері 10 мкм-ден асатын бөлшектерге шоғырланып, ауада тарайтындығын көрсетті.

#### Пайдаланылған әдебиеттер

1. Y.Kurosaki, M.Mikami Recent frequent dust events and their relation to surface wind in East Asia // *Geophys Res Lett.* 2003. P. 133.
2. Адымов Ж.И., Ахметов Е.З., Ерматов А.С. и др. Мирные ядерные взрывы на солянокупольном месторождении Большой Азгир. Алматы, 1996. С. 777-779.
3. Комплексное эколого-экономическое исследование природных территорий и оценка состояния здоровья населения на Азгирском и Тайсойганском полигонах // Отчет Санкт-Петербургского Университета. Санкт-Петербург. 1992. 125 с.
4. Анализ и поэтапная реконструкция радиационной обстановки в районе объекта «Галит» // Отчет НПО «Радиевый Институт». Санкт-Петербург. 1994. С. 70-78.
5. Адамский В.Б., Адымов Ж.И., Ахметов Е.З. и др. Мирные ядерные взрывы на солянокупольном месторождении Большой Азгир. Алматы, 1998. С. 153-157.
6. Савоненков В.Г., Кривоухатский А.С. Локализация радиоактивных продуктов (отходов) в соляном куполе Азгир. Препринт РИ-235, НПО «Радиевый Институт».

УДК539.12.047

**РАСЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ПУЧКОВ  
ФОТОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ ВЕЩЕСТВО**

Мекебай Куанышбек  
*mekebai.kuanyshbek@mail.ru*

Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, магистрант 2-курса  
физико-технического факультета, специальности Ядерная физика, Нур-Султан,  
Казахстан

Научный руководитель – Морзабаев А.К.

В современном мире ядерные технологии находят все большее применение (атомная энергетика, ядерная медицина и т.д.). Одной из основных задач для нужд радиационной безопасности, лучевой терапии и т.д. является задача о распределении поглощенной веществом энергии от ионизирующих излучений (нейтронов, фотонов, электронов, протонов и т.д.). В настоящее время одним из действенных способов лечения онкологических заболеваний является применение различных видов ионизирующих излучений, широко используемых либо как самостоятельное средство лучевой терапии (ЛТ), либо в сочетании с хирургическим лечением и химиотерапией. Физической задачей является создание соответствующего дозного распределения: равномерного в некоторой области и резко спадающего по краям. Одними из наиболее распространенных источников ионизирующих излучений являются пучки фотонов и электронов, получаемых на ускорителях электронов (линейных ускорителях, бетатронах, микротронах) с энергией до 25 МэВ. В мире действует более 7000 медицинских ускорителей электронов и десятки тысяч естественных радиоактивных источников ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ). Это обусловлено сравнительно невысокой стоимостью ускорителей электронов и относительной простотой получения на них пучков фотонов и электронов. Вероятностный характер процессов взаимодействия излучения с веществом обуславливает высокие временные затраты, поскольку расчеты дозных полей требуют использования математических методов, связанных с трудоемкими вычислениями. В связи с этим актуальна задача получения аналитических выражений для глубинных распределений доз пучков фотонов и электронов. Аналитические выражения для глубинных распределений позволят получить быстрые оценки. При облучении ткани наблюдаются определенные последствия радиационного воздействия. Наблюдаемый эффект – результат поглощения энергии излучения атомами и молекулами. Результат воздействия излучения на объект определяется не только поглощенной энергией, но и характером распределения этой энергии в облучаемом объекте, распределением облучения во времени, видом излучения и другими факторами. Применительно к биологическому действию различие в типе частиц не является главным фактором, определяющим различие в радиационных эффектах. Даже частицы одного типа, но разных энергий могут вызвать неодинаковый эффект при одной и той же поглощенной дозе. Возникающие потоки вторичных частиц ( $\gamma$ ,  $p$ ,  $n$ ,  $\alpha$ ,  $e^-$ ,  $e^+$ , осколки ядер) так же, как и первичные частицы, оказывают радиационное воздействие, зависящее от природы объекта, например, на живые клетки. В связи с этим актуальной является задача исследования зависимости биологической эффективности различных типов ионизирующих излучений от их энергии.