

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**RADON SAHƏSİNİN FORMALAŞMA XÜSUSİYYƏTLƏRİ
VƏ ONUN MÜMKÜN PATOGEN TƏSİRİ
(AZƏRBAYCAN ƏRAZİSİ TİMSALINDA)**

İxtisas: 2508.01 – Geoekologiya

Elmi sahəsi: Yer elmləri

İddiaçı: **Fərəh Fuad qızı Mahmudova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2021

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər: geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
AMEA-nın müxbir üzvü, prof.
Çingiz Səid oğlu Əliyev

Rəsmi opponetlər: geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
AMEA-nın müxbir üzvü
Tələt Nəsrulla oğlu Kəngərli

biologiya elmləri doktoru, prof.
Nəriman Məmməd oğlu İsmayilov

Yer elmləri doktoru, dosent
Rasim Nəcəf oğlu Əliyev

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən BED 1.01 Birdəfəlik Dissertasiya şurası

Birdəfəlik dissertasiya şurasının sədri:

geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
akademik, prof.
Əkpər Əkbər oğlu Feyzullayev

Birdəfəlik dissertasiya şurasının katibi:

Yer elmləri doktoru, dosent
Qulam Rüstəm oğlu Babayev

Elmi seminarın sədri:

geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
akademik, prof.
Pərviz Ziya oğlu Məmmədov

İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Əhalinin radiasiya təhlükəsizliyi müasir cəmiyyətin ən qlobal və vacib problemlərindən biridir. Yer kürəsində əsas radiasiya fonu təbii şüalanma mənbələrinin hesabına formalaşır. Aparılmış çoxsaylı tədqiqatların nəticəsinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, insan tərəfindən təbii mənbələrdən qəbul edilən ümumi şüalanma dozasının 40-75%-i radon və onun parçalanma məhsullarının payına düşür. Hal-hazırda əhalinin təbii radioaktiv qaz olan radonun təsirindən qorunması mühüm problemdir və bu qazın mənbələri, yaşayış məntəqələrində miqdarı haqqında bir sıra tədqiqatların aparılmasını tələb edir.

Qapalı məkanlarda radonun həcmi aktivliyi və ağciyərlərin bədxassəli törəmələri ilə xəstələnmə göstəricisi arasında birbaşa əlaqə mövcuddur. 1987-ci ildə radon və onun parçalanma məhsulları bədxassəli törəmələrin öyrənilməsi üzrə Beynəlxalq Agentliyin mütəxəssisləri tərəfindən insan orqanizmi üçün kanserogen elementlər qrupuna daxil edilmişdir.

Bir çox inkişaf etmiş ölkələrdə milli və regional proqramlar çərçivəsində radon təhlükəsinin qiymətləndirilməsi üzrə işlər görülür. 1970-ci ildən başlayaraq aparılmış radiometrik tədqiqatların nəticəsinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, Azərbaycan ərazisində radiasiya fonu 6-12 mkr/saat arasında dəyişir. Qeyd olunan radiometrik tədqiqatlar əsasında həmçinin təbii radioaktivlik və ərazinin geoloji quruluşu arasında əlaqə də təyin edilmişdir.

2000-ci ildən başlayaraq ölkəmizdə radon problemi ilə bağlı ayrı-ayrı işlər görülsə də, adıçəkilən problem öyrənilən ərazinin geoloji quruluşunun xüsusiyyətləri, radonun həcmi aktivliyinin və onun dəyişməsinə təsir edən faktorların paylanması və əhalinin ağciyərinin bədxassəli törəmələri ilə xəstələnmə hallarında radon şüalanmasının rolu kimi faktorlar nəzərə alınmaqla hərtərəfli şəkildə yanaşma tələb edirdi.

Təqdim olunan iş İsveçrə Milli Elm Fondunun «İsveçrə metodologiyası və təcrübəsindən istifadə edərək Azərbaycanda radonun kadastrının və yayılma xəritəsinin yaradılması» layihəsi çərçivəsində, habelə Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında

Elmin İnkişafı Fondunun EİF-2013-9(15)-46/24/2-M-33 №-li qrant layihəsi çərçivəsində və 2014-2018-ci illərdə «Azərbaycanda radon təhlükəsinin öyrənilməsi və onun azaldılması yolları» adlı Tədbirlər proqramının maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir.

Tədqiqat işinin obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektı Azərbaycan ərazisi, obyekt isə Azərbaycan ərazisində radon yayılma qanunauyğunluqlarının qiymətləndirilməsi, radon təhlükəsinin kritik zonalarının müəyyənləşdirilməsi və müxtəlif regionlarda yaşayan əhali üçün radon şüalanmasının patogenlik dərəcəsinin müəyyənləşdirilməsidir.

Tədqiqat işinin məqsədi. Tədqiqat işinin əsas məqsədi Azərbaycan ərazisində radon yayılma vəziyyətinin kompleks dəyərləndirilməsi, radon təhlükəsi müşahidə olunan kritik zonaların müəyyənləşdirilməsi və müxtəlif regionların əhalisi üçün radon şüalanmasının patogenlik dərəcəsinin qiymətləndirilməsidir.

Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün təqdim olunan dissertasiya işində aşağıdakı məsələlər həll olunmuşdur:

- Radonun həcmi aktivliyinin yüksək göstəriciləri müşahidə olunan zonaların müəyyən edilməsi;
- müxtəlif regionlarda radonun evlərə daxilolma mənbələrinin müəyyən edilməsi;
- 2005-2015-ci illər ərzində əhalinin tənəffüs yollarının bədxassəli törəmələri ilə xəstələnməsi haqqında statistik məlumatların analizi;
- müxtəlif zonalarda radonun həcmi aktivliyi və ağciyərlərin bədxassəli törəmələrinin yaranma tezliyi arasında asılılığın müəyyən edilməsi.

Tədqiqat metodları: Tədqiqat işində radonun həcmi aktivliyinin ölçülməsi və monitorinqi məqsədilə ekspress (RAD7, RadonScout və RadonScoutPlus radon radiometrlərinin köməyiylə) və integral metodlardan (Landauer Nordic firmasının Radtrack trek detektorları vasitəsilə) istifadə edilmişdir.

Radon şüalanmasının bioloji effektlərinin qiymətləndirilməsi üçün isə əsasını korrelyativ metod təşkil edən model yanaşması tətbiq edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Azərbaycan ərazisində yol verilən maksimum həddi aşan, yüksək radon şüalanmalı patogen zonalar;

2. Patogen radon şüalanması müşahidə olunan ərazilərdə radonun həcmi aktivliyi və əhalinin bədxassəli törəmələri ilə xəstələnmə göstəriciləri arasında əlaqə.

Tədqiqat işinin elmi yeniliyi:

– Yüksək radon konsentrasiyası müşahidə olunan zonalar müəyyənəndirilmiş və radon təhlükəsinin dərəcəsinə görə Azərbaycan ərazisinin rayonlaşdırılması aparılmışdır;

– radon şüalanmasının əsas mənbələri aşkar olunmuşdur;

– radonun həcmi aktivliyinin yüksək göstəriciləri qeydə alınmış Böyük və Kiçik Qafqaz, o cümlədən, Talışın dağlıq zonalarında ağciyərlərin bədxassəli törəmələri ilə yüksək xəstələnmə göstəriciləri aşkar edilmişdir;

– korrelyasion analiz əsasında müxtəlif regionlar üçün ağciyərlərin bədxassəli törəmələri ilə xəstələnmə göstəriciləri və radonun həcmi aktivliyinin səviyyəsi arasında yüksək asılılıq dərəcəsi müəyyən edilmişdir.

Alınmış nəticələrin praktik əhəmiyyəti:

- Azərbaycan ərazisi üçün radonun həcmi aktivliyinin rayonlaşdırılmış göstəriciləri müəyyən edilmişdir;

- radonun həcmi aktivliyinin yüksək konsentrasiyası müşahidə olunan ərazilərdə yaşayan əhali üçün radiasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi ilə bağlı müvafiq tövsiyələr verilmiş, əhalinin radon şüalanması təhlükəsinin azaldılması üçün zəruri olan əlavə tədqiqat və tədbirlər planı müəyyənəndirilmişdir.

Tədqiqat işinin aprobasiyası: Dissertasiya mövzusu üzrə 23 məqalə və 9 tezis dərc edilmişdir. Dissertasiya işinin əsas nəticələri və müddəaları ümumrespublika və beynəlxalq konfranslarda məruzə olunub:

1. 11th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk mapping. Prague, 2012.
2. Integrated Approach for Unlocking Hydrocarbon Resources. 3-5 October, 2012. Baku, Azerbaijan.

3. Seisomoforecasting researches carried out in the Azerbaijan territory. 7-12 October, 2012. Baku, Azerbaijan.
4. V международная конференция молодых ученых и студентов. Баку, Азербайджан, 2013.
5. Первая Киевская Международная Научная Конференция «Научные и методологические основы медицинской геологии». Киев, 2013.
6. 12th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk mapping. Prague, 2014.
7. IGCP 610 Second Plenary Meeting and Field Trip, Baku, Azerbaijan, 12-20 October, 2014.
8. 2nd International Conference “Radon in the environment”, 2015, Krakow, Poland.
9. 3rd International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, 2015, Budva, Montenegro.
10. RAD 2017, Fifth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, Budva, Montenegro.
11. The 8th International Conference on Medical Geology. August 12-15th, 2019. Guiyang, China.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Dissertasiya işi AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

İşin quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi giriş (6950 simvol), 5 fəsil (1-ci fəsil - 40560 simvol; 2-ci fəsil - 35420 fəsil; 3-cü fəsil- 30165 simvol, 4-cü fəsil- 25634 simvol; 5-ci fəsil- 31019 simvol), nəticələr (2570 simvol) və 93 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İş 145 səhifədə təqdim olunub. Dissertasiya işində 30 şəkil və 30 cədvəl təqdim olunub.

Minnətdarlıq. Dissertasiya işi AMEA-nın müxbir üzvü, geologiya-mineralogiya elmləri doktoru, professor Ç.S.Əliyevin elmi rəhbərliyi altında yerinə yetirilmişdir. Müəllif göstərdiyi hərtərəfli dəstək və köməyə görə Ç.S.Əliyevə öz minnətdarlığını bildirir. Müəllif aparılan tədqiqatlara daim diqqət yetirdiyinə görə Azərbaycan MEA Geologiya və Geofizika İnstitutunun direktoru, akademik A.A.Əlizadəyə

dərin təşəkkürünü bildirir. Həmçinin işə ayırdığı böyük dəstək və diqqətə görə akademik İ.S.Quliyevə, akademik Ə.Ə.Feyzullayevə isə işin bütün mərhələlərində göstərdiyi kömək və dəstəyə görə dərin minnətdarlığını bildirir. Müəllif ölçmə işlərinin icrasında həmkarlarının göstərdikləri köməyə görə çox minnətdardır.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Giriş hissəsində dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı, dissertasiya işinin məqsəd və vəzifələri, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, əldə edilmiş məlumatların elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti, həmçinin işin nəşri və aprobeasiyası haqqında məlumatlar nəzərdən keçirilmişdir.

Birinci fəsildə ətraf mühitdə radon qazının vasitəsilə yaranan radiasiya fonu ilə bağlı tədqiqatların vəziyyətinə ətraflı icmal verilir. Dissertasiya işinin bu hissəsində radon və onun parçalanma məhsullarının təsiri ilə ağciyərin bədxassəli törəmələrinin yaranma riskinin qiymətləndirilməsinə həsr edilmiş son vaxtlar aparılmış epidemioloji tədqiqatlar ilə bağlı geniş şərh verilmişdir. Radonun həcmi aktivliyinin nisbətən aşağı səviyyələrində şüalanmaya məruz qalan mədən işçilərinin koqort, yaşayış yerlərində isə hadisə-kontrol üsulu ilə aparılmış radiasiya tədqiqatlarının birgə təhlilinin nəticələrinə xüsusi diqqət yetirilib. Yaşayış yerlərində aparılmış epidemioloji tədqiqatlar radonun orta illik həcmi aktivliyinin təqribən 200 Bk/m³ həddində ağciyərin bədxassəli törəmələrinin yaranma riskinin etibarlı qiymətləndirilməsini təmin edir.

S.Darby¹ və digər alimlər tərəfindən dərc edilmiş Avropa üzrə birləşmiş tədqiqat işi bu tip tədqiqatlar arasında ən geniş miqyaslı iş hesab olunur. Bu tədqiqat özündə 7148 ağciyərin bədxassəli törəmələri ilə xəstələnmə halı və yaşayış binalarında radonun konsentrasiyasına nəzarət üzrə 13 Avropa tədqiqatından 14 208 sayda nəzarəti

¹ Darby S, et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies // British Medical Journal. 2005; 330: 223–227

birləşdirir. Müşahidə müddəti 23 il təşkil etmişdir. İndividual radon şüalanması son 5-34 il ərzində bütün evlərdə radonun həcmi aktivlik konsentrasiyalarının ölçülmüş orta qiymətinə əsasən hesablanmışdır. Bundan əlavə, radonun şüalanması kateqoriyalara bölünmüş, ölçülmüş radonun həcmi aktivliyi konsentrasiya kateqoriyaları üzrə, nisbi risk isə bu kateqoriyalarda orta səviyyədən asılı olaraq qrafikə daxil edilmişdir. Hər iki modeldə yaşın, cinsin və yaşayış bölgəsinin rolunu öyrənmək üçün ətraflı stratifikasiya aparılmışdır.

Ümumiləşdirilmiş analizlərin nəticələrinə görə radonun həcmi aktivliyinin 100 Bk/m^3 artım səviyyəsi üzrə ağciyər bədxassəli törəmələrinin yaranmasının nisbi riskinin artım faizi 8% təşkil etmişdir. Bu mütənasib artım yaşından, cinsindən və siqaret çəkmə tarixindən asılı olmayaraq müşahidə edilmişdir. Siqaret çəkməyənlər, əvvəllər siqaret çəkmiş və hal-hazırda siqaret çəkənlər üçün nisbi riskin artımı müvafiq olaraq 7%, 8% və 11% təşkil etmişdir. Bu analizlərin nəticəsində radonun təsiri ilə ağciyərin bədxassəli törəmələrinin inkişaf riski arasında əlaqə asılılığının xətti olduğu müəyyənlanmışdır. Radonun həcmi aktivliyinin $100\text{-}199 \text{ Bk/m}^3$ konsentrasiyası müşahidə olunan evlərdə yaşayan insanlarda ağciyərin bədxassəli törəmələrinin inkişaf riski radon konsentrasiyasının 100 Bk/m^3 -dən aşağı göstəriciləri müşahidə olunan olan evlərdə yaşayan insanlara nisbətən xeyli yüksəkdir.

S.Darby² və başqaları Avropa Birləşmiş Tədqiqat Proqramı çərçivəsində həmçinin siqaret çəkmə və radonun insan sağlamlığına sinergetik təsirinin öyrənilməsi üzrə aparılan işlərin nəticələrini ətraflı izah etmişdilər. Hesablamalarda statusundan asılı olmayaraq siqaretçəkmə radonun həcmi aktivliyinin uzunmüddətli 100 Bk/m^3 orta konsentrasiyası üçün ağciyərinin bədxassəli törəmələrinin yaranmasının nisbi riskinin artım faizi 16 % təşkil etmişdir. Siqaret çəkməyi dayandıranlar üçün radonla əlaqəli bədxassəli törəmələrin yaranma riski siqaret çəkməyə davam edənlərə nisbətən əhəmiyyətli

² Darby S, et al. Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7, 148 subjects with lung cancer and 14,208 subjects without lung cancer from 13 epidemiological studies in Europe // Scandinavian Journal of Work, Environment and Health. 2006; 32(Suppl. 1): 1–83

dərəcədə aşağıdır, lakin onlarda müşahidə olunan risk ömürlük siqaret çəkməyənlərin risklərindən daha yüksəkdir.

Daha sonrakı fəsildə Azərbaycan ərazisində aparılan radiometrik tədqiqatların xronoloji olaraq əsas nəticələri göstərilmişdir. Aparılmış tədqiqatların nəticələrinə əsasən Azərbaycan ərazisində təbii radioaktivlik təxminən 4-12 mkrR/saat arasında dəyişir və bəzən ayrı-ayrı yerlərdə 20-30 mkrR/s-a qədər yüksəlir. Radioaktivliyin məkan variasiyaları təsadüfi xarakter daşıyır və normal qanuna müvafiqdir.

2010-cu ildən AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutunda yeni elmi istiqamət - tibbi geologiya inkişaf edir. Tibbi geologiya - geologiyada yeni, strateji əhəmiyyətli istiqamət olub, geoloji mühitin xüsusiyyətləri ilə insanların sağlamlığı, heyvan və bitki aləminin vəziyyəti arasındakı əlaqəni öyrənən elm sahəsidir. Tibbi geologiyanın məqsədi əhalinin sağlamlığına mənfi təsir edən geoloji amillərin və onların təsir şərtlərinin müəyyənləşdirilməsi, həmçinin sağlamlıq üçün risklərin aradan qaldırılması və ya minimuma endirilməsi üçün zəruri olan rəşional prinsiplər, strategiyalar, proqramlar və yanaşmaların hazırlanmasıdır.

İkinci fəsildə ionlaşdırıcı şüalanma mənbələrinin növləri və onların insan orqanizminə təsiri, təbii şüalanma mənbələri tərəfindən mümkün şüalanma səviyyələri nəzərdən keçirilmiş, radon probleminin mahiyyəti aşkar edilmiş və radonun məkanlara nüfuz etməsinin əsas mənbələri göstərilmişdir.

Uran-238, uran-235 və torium-232 izotopları, ikinci dərəcəli radioaktiv elementlər daxil təbii radioaktiv fəsilələrə başlanğıc verir. Bu ana nuklidlərin yarımparçalanma dövrləri torium üçün $14 \cdot 10^9$ il, uran-238 üçün $4,5 \cdot 10^9$ il, uran-235 üçün $0,7 \cdot 10^9$ il təşkil edir.

Radon bütün radioaktiv fəsilələrin dağılması prosesi zamanı əmələ gələn yeganə qaz halında olan məhsuldur. Təbiətdə radona üç əsas formada rast gəlinir: uran-238 radioaktiv fəsiləsində əmələ gələn ^{222}Rn – yarımparçalanma periodu $T = 3,8$ sutka; torium-232 radioaktiv sırasının üzvü ^{220}Rn (toron) - yarımparçalanma periodu $T = 55$ saniyə və radioaktiv aktinium fəsiləsində əmələ gələn ^{219}Rn (aktinon) - yarımparçalanma periodu $T = 4$ saniyə. Ümumi şüalanma dozasına ən böyük hissəsi radon-222 izotopunun hesabına formalaşır.

Uran-238-in parçalanma məhsulu olan ^{222}Rn -in kimyəvi inertliyi və yarımparçalanma periodunun böyüklüyü onun qapalı məkanlarda miqdarının artmasını müəyyən edən əsas amillərdir. Şüalanmanın əsas hissəsi radonun kiçik yarımperiodlu yarımparçalanma məhsulları hesabına formalaşır. ^{222}Rn -in kiçik ömürlü yarımparçalanma məhsulları (Ro-218 və Ro-214 izotopları) insanın daxili orqanlarını alfa hissəciklər ilə fəal şəkildə şüalandırır.

Qapalı məkanlarda radonun həcmi aktivliyinin konsentrasiyası açıq havaya nisbətən orta hesabla 8 dəfə yüksəkdir. Açıq havada radonun həcmi aktivliyi isə Yer səthinin müxtəlif nöqtələrində əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir. Radon xarici mühitdən kifayət qədər təcrid olunmuş yaşayış və digər məkanlarda toplanır. Torpaq və tikinti materialları yaşayış binalarına radonun daxil olmasının əsas mənbələri hesab olunur.

Radium-226 və torium-228 radionuklidlərinin torpaqda tərkibi, torpağın quruluşu və rütubəti torpaqda radonun həcmi aktivliyinin konsentrasiyasını müəyyən edən əsas amillərdir. Radon atomlarının Yer səthinə miqrasiyası ilə torpağın rütubəti arasında birbaşa asılılıq müşahidə olunur. Torpaqdan radonun emissiyası isə mövsümi xarakter daşıyır. Yay dövründə temperaturun artması torpaqda məsamələrin genişlənməsinə səbəb olur, buna görə də radonun atmosfərə qalxması güclənir. Atmosfer təzyiqi ilə radonun həcmi aktivliyinin konsentrasiyası arasında isə güclü əks əlaqə mövcuddur, belə ki, atmosfer təzyiqinin artması xarici havada radonun həcmi aktivliyinin konsentrasiyasının azalması ilə nəticələnir. Əksinə, atmosfer təzyiqi aşağı olduqda havada radonun həcmi aktivliyinin konsentrasiyasının artması müşahidə olunur.

Tikinti materialları həmçinin radonun yaşayış binalarına daxil olmasının əsas mənbələrindən biri sayılır. ABŞ-da aparılmış tədqiqatların nəticələrinə görə yaşayış binalarına radonun daxil olmasının orta sürəti 20 Bk/m^3 təşkil edir və bu kəmiyyətin 20% -i birbaşa tikinti materialları hesabına formalaşır³. Tikinti materialları kimi istifadə olunan ağac, kərpic və betondan nisbətən az radon

³ Кольтовер В.К. Радоновая радиация: источники, дозы, биологические эффекты // Вестник РАН 1996 Е.66 №2. стр. 114-128

ayrılır. Əhəmiyyətli dərəcədə yüksək radioaktivlik qranit, pemza, fosfogips blokları, kvars gilli şistlər, kalsium silikat şlakları kimi tikinti materiallarında müşahidə olunur⁴.

Daha sonra fəsildə radonun və onun parçalanma məhsullarının həcmi aktivliyinin ölçülməsi və monitorinqi üçün istifadə olunan cihazların əsas texniki xüsusiyyətləri verilir, həmçinin radonun həcmi aktivliyinin ölçülməsinin ekspress, inteqral və kvazinteqral metodları xarakterizə edilmişdir. RAD7, RadonScout və RadonScoutPlus radon radiometrlərindən istifadə edərək radonun yerüstü və yeraltı havada həcmi aktivliyinin ekspress ölçülmə üsulları təsvir edilmişdir. İnteqral metodların köməyi ilə radonun həcmi aktivliyinin orta qiyməti uzun müddət ərzində (həftələr, aylar) müəyyən edilir. Trek detektorlarının tətbiqinə əsaslanan inteqral üsul yaşayış yerlərində radonun həcmi aktivliyinin müəyyən edilməsi üçün geniş tətbiq olunur. Qamma və beta şüalanmalarına qarşı qeyri-həssaslıq, məlumatların uzun müddət saxlanması və çox sayda detektorun eyni vaxtda fəaliyyəti bu metodun əsas müsbət cəhətləridir. Tədqiqat işində radonun həcmi aktivliyinin yaşayış məntəqələrində ölçülməsi İsveçin «Landauer Nordic» firmasının trek detektorlarının köməyi ilə aparılmışdır.

Bu fəsildə radiasiya riskinin qiymətləndirilməsinin əsas modelləri də nəzərdən keçirilmişdir - additiv (mütləq risk modeli) və multiplikativ (nisbi risk modeli). Radiasiyadan Müdafiə üzrə Beynəlxalq Komitənin 50 №-li nəşrində istifadə olunan və ABŞ-ın İonlaşdırıcı Şüalanmanın Bioloji Effektləri üzrə Milli Komitəsi tərəfindən təklif olunan ağciyər xərçəngi riskinin qiymətləndirmə modelləri təsvir edilmişdir.

Tədqiqat işində radon şüalanmasının bioloji effektlərinin qiymətləndirilməsi üçün əsasını korrelyativ metod təşkil edən model yanasması tətbiq edilmişdir.

Üçüncü fəsildə Azərbaycanda radon sahəsinin formalaşması prosesinin qanunauyğunluqları nəzərdən keçirilmişdir. Xüsusilə, ilk müdafiə olunan müddəa çərçivəsində aparılan tədqiqatların ətraflı

⁴ Радиация. Дозы, эффекты, риск. М. Мир, Р15 1990- 79 стр.

təsviri verilmişdir. Yaşayış yerlərində radonun həcmi aktivliyinin ölçülməsi 2500 ədəd Radtrack2 radon detektorunun köməyi ilə aparılmışdır. Trek radon detektorları əsasən Azərbaycan Respublikasının müxtəlif bölgələrində yaşayış və sənaye binalarının birinci mərtəbələrində yerləşdirilmişdir. Sonra xüsusi təlimat əsasında paketlənmiş detektorlar İsveçrəyə emal edilmək üçün göndərilmişdir.

Əldə edilən məlumatlar əsasında Azərbaycan ərazisi üçün radonun həcmi aktivliyi və radonun həcmi aktivliyinin maksimum göstəricilərinin paylanma xəritəsi qurulmuşdur (şəkil 1).

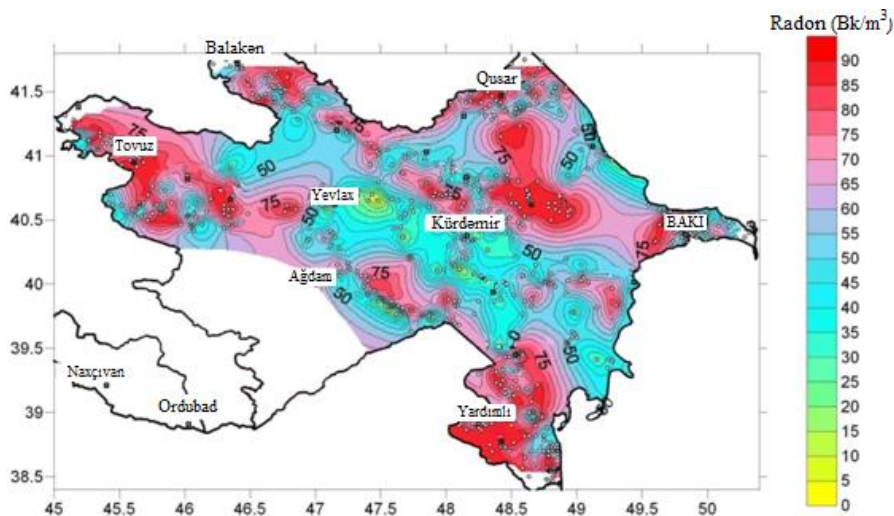
Müəyyən olunmuşdur ki, sahə daxilində radonun həcmi aktivliyinin ölçülmüş konsentrasiyaları 2-dən 1110 Bk/m³-ə qədər geniş hədudlarda dəyişir. 2407 evdən 169-da 200 Bk/m³-dən yuxarı, 418-də 100 və 200 Bk/m³ arasında, digərlərində isə 100 Bk/m³-dən az radon konsentrasiyası qeydə alınmışdır. Əldə olunan məlumatlar statistik metodlardan istifadə edərək işlənmişdir (şəkil 1).

Müəyyən olunmuşdur ki, Azərbaycan ərazisində qapalı məkanlarda radonun həcmi aktivliyinin ölçülmüş konsentrasiyaları 2 Bk/m³-dən 1110 Bk/m³-ə qədər geniş hədudlarda dəyişir. Müşahidə olunan 2407 qapalı məkandan 169-da 200 Bk/m³-dən yuxarı, 418-də 100 və 200 Bk/m³ arasında, digərlərində isə 100 Bk/m³-dən az radon konsentrasiyası qeydə alınmışdır. Əldə olunan məlumatlar statistik metodlardan istifadə edilərək işlənmişdir.

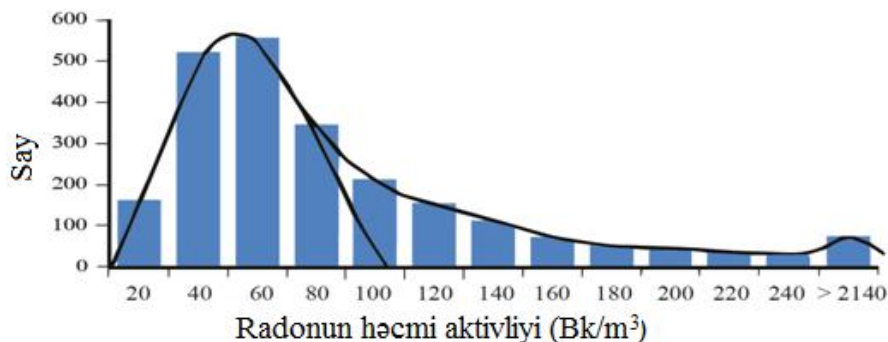
Radonun həcmi aktivliyinin ölçülmüş qiymətlərinin paylanması şəkil 2-də göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, 58 Bk/m³ modal qiymətli və 84 Bk/m³ orta qiymətli əyri loqarifmik-normal xarakter daşıyır. Fon qiymətlərinin yuxarı həddi 116 Bk/m³ təşkil edir. Bu həddən yuxarı bütün qiymətlər statistik olaraq yüksəlmiş hesab edilə bilər⁵. İnsanların sağlamlığı üçün təhlükə baxımından Azərbaycanda radonun həcmi aktivliyinin icazə verilən

⁵Veliyeva F.F., Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Baghirli R.J., Pampuri L., Hoffmann M., Valsangiacomo C. Indoor Radon Mapping in Azerbaijan. 11th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping / Czech Geological Survey. Prague, 2012. pp. 260-268

maksimum normadan (200 Bk/m^3) çox olduğu yaşayış yerlərinə xüsusi diqqət yetirilməlidir. Belə evlərin sayı yoxlanılmış obyektlərin ümumi sayının 7% -ni təşkil edir.

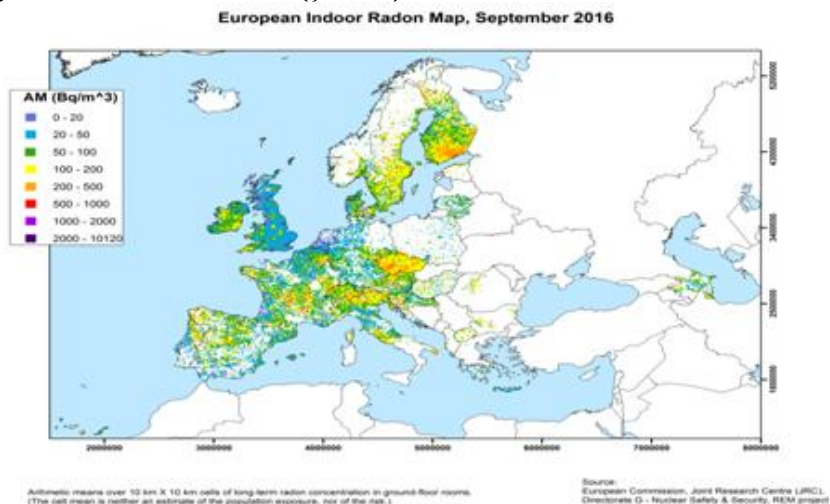


Şək.1. Azərbaycan ərazisində qapalı məkanlarda radonun həcmi aktivliyinin paylanması (müəllif: Əliyev Ç.S., 2012)



Şək.2. Azərbaycanda qapalı məkanlarda radonun həcmi aktivliyinin göstəricilərinin paylanma histqramı

Azərbaycan ərazisində radon qazının həcmi aktivliyinin miqdarını müəyyən etmək məqsədilə aparılan tədqiqatların nəticələri «Avropa üzrə qapalı məkanlarda radonun həcmi aktivliyinin yayılma xəritəsinə» də daxil edilmişdir. Avropa Komissiyasının tərtib etdiyi elektron xəritədə radon qazının ölkəmizin ərazisində də yayılma göstəriciləri əks olunub (şəkil 3).



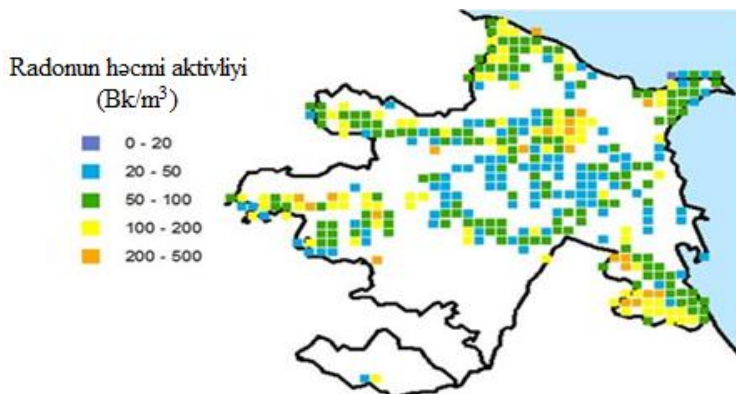
Şəkil 3. Avropa ərazisində radonun həcmi aktivliyinin paylanma xəritəsi⁶

Xəritədə yaşayış yerlərində radonun həcmi aktivliyinin orta göstəriciləri göstərilir. Xəritədəki hər bir kvadrat 10x10 km ölçülü bir sahədir. Hər kvadrata orta hesabla 2-dən 12-ə qədər detektor uyğundur (şəkil 4).

Əldə olunan məlumatların analizi göstərir ki, Azərbaycan ərazisində radonun həcmi aktivliyinin paylanması əhəmiyyətli dərəcədə müxtəlifdir. Böyük və Kiçik Qafqazın, Talışın daha qədim və disloşidə olunmuş süxurlardan təşkil olunmuş dağlıq-qırıxıq əraziləri üçün radonun həcmi aktivliyinin yüksək qiymətləri, yerin

⁶Hoffmann M., C.S. Aliyev, A.A. Feyzullayev, R.J. Baghirli, F.F.Veliyeva, L. Pampuri, C.Valsangiacomo, T. Tollefsen, G. Cinelli. First map Residential Indoor Radon Measurements in Azerbaijan // Radiation Protection Dosimetry, 2016. pp.1-8

səthində dördüncü dövr yaşlı süxurlarla təmsil olunan Kür və Xəzəryanı-Quba depressiv zonalarında isə radonun həcmi aktivliyinin nisbətən aşağı qiymətləri ilə müşahidə olunur.

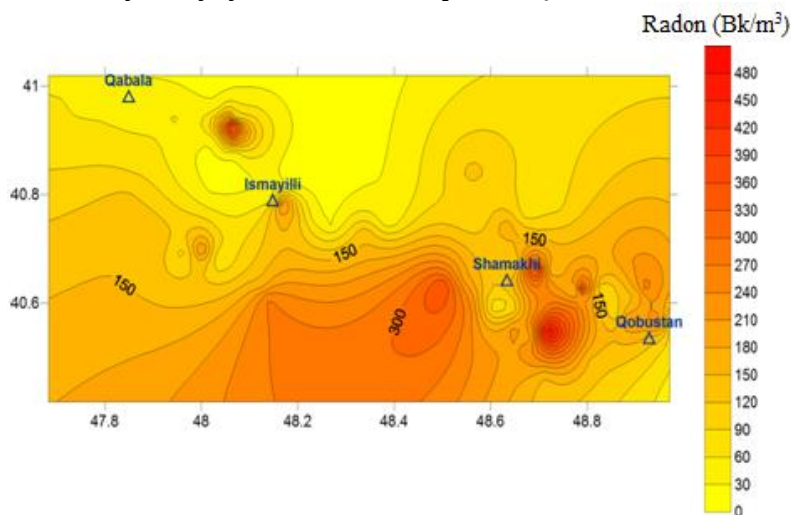


Şək.4. Azərbaycan ərazisində radonun həcmi aktivliyinin paylanma xəritəsi

Tədqiqatlar nəticəsində Azərbaycan ərazisi radon təhlükəsi (qapalı yerlərdə radonun həcmi aktivliyi) dərəcəsinə görə 4 zonaya bölünmüşdür: təhlükəli ($200-400 \text{ Bk/m}^3$), orta təhlükəli ($100-200 \text{ Bk/m}^3$), şərti təhlükəsiz ($50-100 \text{ Bk/m}^3$) və təhlükəsiz ($<50 \text{ Bk/m}^3$).

Daha sonra müəllif fəsilə Şamaxı-İsmayilli və Şəki-Zaqatala zonalarının doqquz inzibati rayonunun 155 yaşayış məntəqəsində aparılmış tədqiqatların nəticələrini təqdim edir. Radonun evlərdə həcmi aktivliyinin ölçülməsində İsveçrə tədqiqat metodikasından istifadə edilmişdir. Ölçmələr yaşayış yerlərinin birinci mərtəbələrində (adətən ən yüksək radon konsentrasiyası müşahidə olunan yerlərdə) “RadonScout” və “RadonScoutPlus” radon radiometrləri vasitəsilə aparılmışdır. Bu radiometrlər bir evin müxtəlif yaşayış otaqlarında üç gün müddətinə quraşdırılmışdır. Otaqların sayından asılı olaraq bir evdə cihazın ümumi iş müddəti 7-12 gün təşkil etmişdir. Cihazın quraşdırıldığı otaqda onun işlədiyi müddətdə havalandırılmanın təsirini azaltmağa çalışılmışdır (pəncərə və qapıları mümkün olduqca qapalı saxlamaq yolu ilə). Əldə olunan məlumatlar statistik metodlardan istifadə etməklə işlənmişdir.

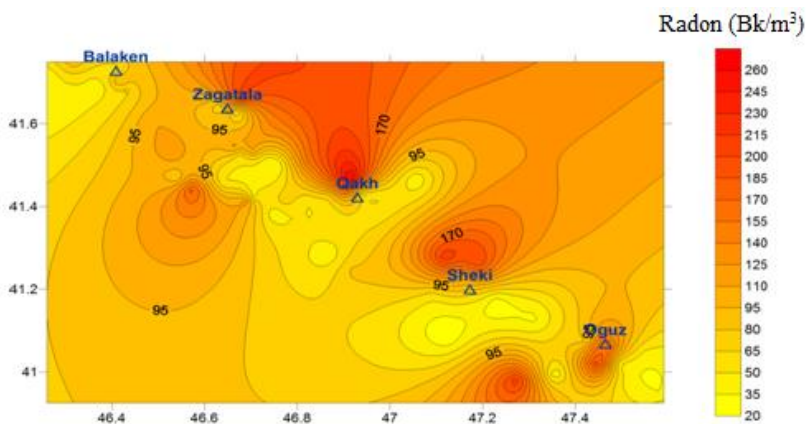
Otaqlar daxilində radonun həcmi aktivliyinin ölçülmüş konsentrasiyaları geniş həddə dəyişir: 20-520 Bk/m³. Tədqiq olunan ərazidə radonun həcmi aktivliyinin paylanması qeyri-bərabər xarakter daşıyır: yaşayış yerlərində radonun həcmi aktivliyinin aşağı və yüksək konsentrasiyaları olan zonaların bir birini əvəz etməsi müşahidə olunur. Bu məlumatlar əsasında Şamaxı-İsmayıllı (şək.5) və Şəki-Zaqatala (şək.6) zonalarının yaşayış yerlərində radonun həcmi aktivliyinin yayılma xəritələri qurulmuşdur.



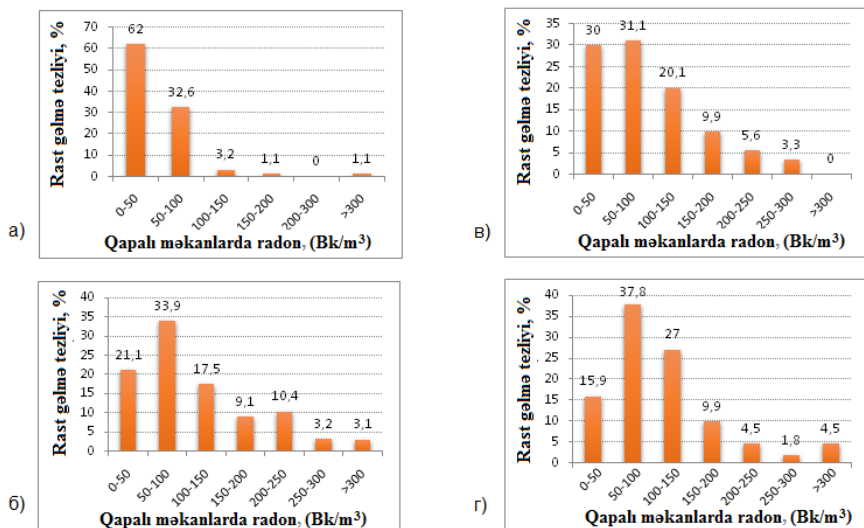
Şək.5. Şamaxı-İsmayıllı zonasının yaşayış yerlərində radonun həcmi aktivliyinin paylanma xəritəsi (Bk/m³)

Azərbaycanda qapalı məkanlarda radonun həcmi aktivliyinin xəritəyə alınmasının nəticələri göstərdi ki, radonun yüksək konsentrasiyaları əsasən dağlıq ərazidə yerləşən yaşayış məkanları üçün xarakterikdir (şək.7). Verilən məlumatlardan göründüyü kimi, radonun bu cür paylanmasını kontrol edən faktorlardan biri də sülxurların yaşı ola bilər⁷.

⁷Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Багирли Р.Дж., Махмудова Ф.Ф. Закономерности распределения радона в Азербайджане и контролирующие их факторы // Научно-технический журнал Евро-Азийское геофизическое общество. Геофизика 1.2017. Москва, 2017. стр. 72-77



Şək.6. Şeki-Zaqatala zonasının yaşayış yerlərində radonun həcmi aktivliyinin paylanma xəritəsi (Bk/m^3)



Şək.7. Azərbaycan ərazisinin geomorfoloji xüsusiyyətlərindən asılı olaraq ərazilərdə radonun həcmi aktivliyinin orta qiymətlərinin yayılma histoqramları: a) Kür ovalığı; b) Böyük Qafqaz; c) Kiçik Qafqaz; d) Talış.

Qapalı məkanlarda radonun həcmi aktivliyinin göstəriciləri ilə torpaq havasında ölçülmüş radonun həcmi aktivlikləri arasında korrelyasiya müşahidə olunur. Torpaq havasında qeydə alınmış göstəricilər 30 Bk/m^3 və 11000 Bk/m^3 (orta hesabla 946 Bk/m^3) arasında dəyişir. Torpaq havasında radonun həcmi aktivliyinin yüksək konsentrasiyaları əsasən seysmik cəhətdən aktiv olan Şamaxı rayonu ərazisində müşahidə edilmişdir ki, burada qapalı məkanlarda da radonun həcmi aktivliyinin yüksək qiymətləri qeydə alınmışdır.

Tikinti materiallarının yaşayış evlərinin və ictimai binaların havasında radonun həcmi aktivliyinə təsirini öyrənərkən 2400-dən çox yaşayış binası tədqiq edilmişdir. Radonun həcmi aktivliyinin nisbətən yüksək konsentrasiyası təbii və yonulmuş daşdan tikilmiş evlərdə müşahidə edilmişdir. Tikinti materiallarından radonun ayrılma sürəti radonun emanasiya əmsalından, həmçinin tikinti materiallarında radonun diffuziyasının uzunluğundan asılıdır⁸.

Müxtəlif mərtəbələrdə yerləşən otaqlarda radonun həcmi aktivlik konsentrasiyasının müqayisəsi göstərdi ki, mərtəbə nə qədər yüksək olarsa, radonun həcmi aktivliyinin konsentrasiyası bir o qədər aşağı olur. Tədqiq olunmuş evlərdə radonun həcmi aktivliyinin ən yüksək konsentrasiyaları evlərin ilk iki mərtəbəsi üçün xarakterik olmuşdur.

Dördüncü fəsildə ikinci müdafiə olunan müddəaya baxılır və əhalinin ağciyərin bədxassəli törəmələri ilə xəstələnmə göstəriciləri ilə radonun həcmi aktivliyinin paylanması arasında korrelyasiya analizinin xarakterik nəticələri verilir.

Geniş miqyaslı tədqiqatların nəticələrinə əsasən yaşayış binalarının havasında radon və onun parçalanma məhsullarının yüksək miqdarı bədxassəli törəmələrin öyrənilməsi üzrə Beynəlxalq Agentliyin mütəxəssisləri tərəfindən insan orqanizmi üçün kanserogen elementlər qrupuna daxil edilmişdir. Radonun özü canlı orqanizmlər üçün o qədər də təhlükəli olmasa da, onun nisbətən kiçik yarımparçalanma periodu (3,825 sutka) dövründə əmələ gələn yarımparçalanma məhsulları havada olan toz və nəmlə birləşərək, α-

⁸Крампит И.А. Об измерения коэффициента эманирования грунтов // АНРИ 2004 №3. стр. 51-52

radioaktiv aerosol hissəcikləri əmələ gətirir. Submikron ölçülü aerosollar yuxarı tənəffüs yollarına daxil olur və hüceyrə daxilində lokal α -şüalanma mənbələri yaradaraq yerləşirlər.

ABŞ-da mövcud normativlərə görə atmosferi çirkləndirən maddələrin icazə verilən həddindən artıq tullantılar əhalinin ölümünü 0,001 %-dən çox artırmamalıdır. Lakin hesablamalar göstərir ki, radon şüalanmasına görə hər il ağciyərin bədxassəli törəmələrindən 20 min əlavə ölüm baş verir ki, bu da ölüm səviyyəsini 300 dəfə aşır. Eyni səbəbdən tənəffüs yollarının digər xəstəlikləri, məsələn, ağciyər emfizeması və ürək-damar xəstəliklərinin riski xeyli artır.

Azərbaycan Respublikası Səhiyyə Nazirliyinin məlumatına görə ağciyərin bədxassəli törəmələri ilə xəstənin kişilərin sayı qadınlardan 8 dəfə çoxdur. Mütəxəssislərin fikrincə, tənəffüs sisteminin bədxassəli xəstəliklərinin əsas səbəbi siqaretçəkəmə hesab olunur. Radiasiya ekologiyası üzrə mütəxəssislər radon aerosol hissəciklərinin radionuklidləri özünə birləşdirərək bronxlara və ağciyərlərə daşdığını iddia edirlər. Nəticədə hüceyrələrin lokal şüalanma səviyyəsi kəskin şəkildə artır.

Tədqiqatlar göstərir ki, tənəffüs orqanlarında bədxassəli törəmələrin əmələ gəlməsinə əsasən yetkin yaşda olan insanlarda rast gəlinir. Burada radon radiasiya xarakterli amillərin tədricən toplanması ilə müşayiət olunan akkumulyasiya effektinin də insan sağlamlığına mənfi təsir göstərməsinin böyük rolu var.

Müəyyən edilmişdir ki, radonun həcmi aktivliyinin yüksək göstəriciləri ilə xarakterik olan Böyük və Kiçik Qafqaz və Talışın dağlıq-qırıxıqlıq zona hüduqlarında ağciyərin bədxassəli törəmələri ilə xəstələnmə xüsusilə yüksəkdir. Tənəffüs orqanlarının bədxassəli xəstəliklərinin ən yüksək göstəriciləri radon şüalanmasının təhlükəli və orta təhlükəli zonalarında qeydə alınmışdır.

2012-2015-ci illər üçün korrelyasiya əmsalları ərazinin radonaktivliyi ilə ağciyərin bədxassəli törəməli xəstələrinin sayı arasında kifayət qədər yüksək əlaqə olduğunu göstərir.

Həmçinin ağciyərin bədxassəli xəstəliklərinin inkişafı ilə əhalinin radon təhlükəsi olan zonalarda yaşaması arasında asılılığın təhlili üçün nisbi risk göstəriciləri müəyyənləşdirilmişdir (cədvəl 1).

Bununla yanaşı, nisbi risk göstəriciləri radon təhlükəsi olan zonalarda yaşamağın ağciyərlərin bədxassəli xəstəlikləri ilə xəstələnmə ehtimalını neçə dəfə artırdığını qiymətləndirməyə imkan yaratdı.

2005-2015-ci illər ərzində, nisbi risk (RR) göstəricisinin təyin edilməsində, izləninən şəxs aşağıdakı dörd kateqoriyadan birinə aid edilmişdir:

- a) radon üzrə təhlükəli zonalarda yaşayan əhali arasında ağciyərin bədxassəli törəmələri aşkar olunan xəstələrin sayı;
- b) radon üzrə təhlükəsiz zonalarda yaşayan əhali arasında ağciyərin bədxassəli törəmələri aşkar olunan xəstələrin sayı;
- c) radon üzrə təhlükəli zonalarda ağciyərin bədxassəli törəmələri aşkar edilməmiş şəxslərin sayı;
- d) radon üzrə təhlükəsiz zonalarda ağciyərin bədxassəli törəmələri aşkar edilməmiş şəxslərin sayı.

Cədvəl 1

Radon üzrə təhlükəli və radon üzrə təhlükəsiz zonalarda yaşayışdan asılı olaraq ağciyərin bədxassəli törəmələrinin paylanmaları

Ağciyərin bədxassəli törəmələri	Qruplar		Cəmi	RR	p
	Əsas	Kontrol			
Xəstəlik aşkar olunmuş şəxslər	716	323	1039	1,915 (Eİ 2,183-1,679)	<0,05
Xəstəlik aşkar olunmamış şəxslər	575 634	497 477	1 073 711		
Cəmi	576 350	497 800	1 074 150		

1-ci cədvəlin məlumatları nəzərə alınmaqla hesablanan nisbi risk (RR) göstəricisi $RR = 1,915$ (Eİ 2,183-1,679), $p < 0,05$ təşkil etmişdir. Bu halda 95% ehtimal ilə iddia etmək olar ki, Azərbaycanın radon təhlükəsi zonaları şəraitində yaşamaqla ağciyərlərin bədxassəli törəmələrinin inkişafı arasında aşkar və etibarlı statistik əlaqə mövcuddur.

Alınan nəticələr ağciyər bədxassəli törəmələrinin əmələ gəlməsinin yüksək riskini şərtləndirən dominant amil kimi radonun rolunun təsdiqidir ki, bu da müvafiq profilaktik sosial-sağlamlıq tədbirlərinin, tikinti normativlərinin hazırlanması və həyata keçirilməsində, xüsusən də Azərbaycanın təbii radon şüalanmasının yüksək səviyyəsi müşahidə olunan bölgələr üçün vacibdir.

Beşinci fəsildə yaşayış yerlərində mümkün radon toplanmasının qarşısını almaq məqsədilə tətbiq edilməli olan profilaktik tədbirlər haqqında məlumat və radon təhlükəsizliyinin azaldılması üçün tövsiyələr verilir. Hazırda yaşayış binalarında radon əleyhinə müdafiə üçün bir sıra üsullar mövcuddur. Otaqların havasında radonun həcmi aktivliyinin azalması aşağıdakı texniki yollar vasitəsilə əldə edilə bilər:

- torpaqdan təbii radonun minimum çıxışı olan ərazidə tikinti sahəsinin seçilməsi;

- radonun torpaqdan binaya daxil olmasına mane olan müxtəlif konstruktiv həllərin tətbiqi;

- radonu otaqların havasından çıxarmaq üçün qeyri-təbii və təbii havalandırma.

Birinci və ikinci variantlar torpaqlardan radon emissiyası artan ərazilərdə tikililərin layihələndirilməsində və tikinti mərhələsində tətbiq olunur. Tikilən evlər üçün hələ layihələndirmə mərhələsində təbii radiasiya fonunun öyrənilməsi, aktiv tektonik zonaların aşkarlanması, yaşayış və istehsalat binalarının tikintisi üçün meydançaların seçilməsi və radonun həcmi aktivliyinin paylanması müəyyələşdirilməsi daxil olmaqla kompleks ekoloji-geofiziki nəzarət həyata keçirilməlidir.

Azərbaycanda radonun regional sahəsinin xarakteri məhdud sayda yaşayış obyektinə görə müəyyən edildiyindən, daha real mənzərənin aşkarlanması üçün əvvəllər bu tədqiqatlarla əhatə olunmamış yaşayış obyektlərində radonun anomal konsentrasiyasının ölçülməsi məqsədi ilə ətraflı işlər görülməlidir. Uzun müddət anormal radon konsentrasiyaları olan evlərdə yaşayan insanların tibbi müayinədən keçirilməsindən ibarət kompleks işlərin aparılması tövsiyə olunur.

NƏTİCƏLƏR

Aparılan tədqiqatların yekunlarının ümumiləşdirilməsi aşağıdakı əsas nəticələri çıxarmağa imkan vermişdir:

1. Müəyyən edilmişdir ki, radonun həcmi aktivliyinin regional dəyişməsi regionun quruluşunun geoloji xüsusiyyətlərinə əsaslanır: Böyük və Kiçik Qafqazın, Talışın mezokaynazoy yaşlı süxurlarından gələn dağlıq-qırıqlıq əraziləri üçün radonun yüksək konsentrasiya qiymətləri, radonun həcmi aktivliyinin aşağı qiymətləri isə uyğun olaraq yer səthində yeni çöküntülərlə təmsil olunan Kür və Xəzəryanı-Quba depressiv zonaları üçün xarakterikdir;
2. Yerinə yetirilmiş tədqiqatlar əsasında Azərbaycan ərazisi radon təhlükəsi (daxili məkanlarda radonun həcmi aktivliyi) dərəcəsinə görə 4 zonaya bölünmüşdür: təhlükəli ($200-400 \text{ Bk/m}^3$), orta təhlükəli ($100-200 \text{ Bk/m}^3$), şərti olaraq təhlükəsiz ($50-100 \text{ Bk/m}^3$) və təhlükəsiz ($<50 \text{ Bk/m}^3$);
3. Radonun qapalı məkanlarda və ətraf geoloji mühitdə həcmi aktivliyinin korrelyasiya analizi əsasında müəyyən edilmişdir ki, Azərbaycan ərazisində radonun həcmi aktivliyinin yüksək qiymətləri təbii xarakterə malikdir.
4. Radonun həcmi aktivliyinin göstəriciləri ilə binanın mərtəbələri arasındakı asılılıq aşkarlanmış və müəyyən edilmişdir ki, çoxmərtəbəli evlərdə birinci mərtəbədəki radonun həcmi aktivliyi yuxarı mərtəbələrə nisbətən xeyli yüksəkdir;
5. Alınan nəticələr əsasında radon şüalanmasında ən çox payı olan tikinti materialları müəyyən edilmişdir;
6. Müəyyən edilmişdir ki, radonun həcmi aktivliyinin yüksək göstəriciləri xarakterik olan Böyük və Kiçik Qafqaz və Talışın dağlıq-qırıqlıq zona hüdudlarında ağciyərin bədxassəli törəmələri ilə xəstələnmə xüsusilə yüksəkdir. Tənəffüs orqanlarının bədxassəli xəstəliklərinin ən yüksək göstəriciləri radon şüalanmasının təhlükəli və orta təhlükəli zonalarında qeydə alınmışdır.

7. 2012-2015-ci illər üçün korrelyasiya əmsalları ərazinin radonaktivliyi ilə ağciyərin bədxassəli törəməli xəstələrinin sayı arasında kifayət qədər yüksək əlaqə olduğunu göstərir
8. Azərbaycanın radon təhlükəli zonalarında yaşayan əhali üçün ağciyərlərin bədxassəli törəmələrinin əmələgəlməsinin nisbi risk göstəriciləri müəyyənləşdirilmişdir. Nisbi risk göstəriciləri əhali arasında ağciyərlərin bədxassəli törəmələrinin inkişafı ilə Azərbaycanın radon təhlükəli zonalarında yaşamaq arasında birbaşa əlaqənin olduğunu göstərir;
9. Radonun yaşayış binalarında toplanmasının qarşısının alınması üçün təkliflər və radon təhlükəsinin azaldılması üçün müvafiq tövsiyələr verilmiş, əhalinin radon şüalanması məruzqalma riskinin azaldılması üçün zəruri olan əlavə tədqiqat və tədbirlər müəyyənləşdirilmişdir.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıda göstərilən işlərdə öz əksini tapmışdır (məqalə və konfrans tezisləri):

1. Veliyeva F.F. The Radon problem in Azerbaijan. The 4th International Scientific Conference of young Scientists and Students "Earth Sciences new Approaches and achievements". Abstracts. Baku, 5-6 October 2011. pp. 161-162.
2. Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Valsangiacomo C., Hofmann M., Baghirli R.J., Veliyeva F.F. Radon problem in Azerbaijan: Results of indoor measurements and its nature / The modern problems of Geology and geophysics of Eastern Caucasus and the South Caspian depression. 34th International Geological Congress. Brisbane, Australia. Special Issue papers. Baku, 2012. pp. 27-34.
3. Veliyeva F.F., Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Baghirli R.J., Pampuri L., Hoffmann M., Valsangiacomo C. Indoor Radon Mapping in Azerbaijan / 11th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping. Czech Geological Survey. Prague, 2012. pp. 260-268.
4. Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Багирли Р.Дж., Велиева Ф.Ф. Факторы, контролирующие уровень объемной активности радона в Азербайджане // АМЕА Хəbərlər Yer elmləri, №1.

Bakı, 2012. стр. 42-48.

5. Aliyev Ch.S., Baghirli R.J., Aliyeva A.R., Veliyeva F.F. Influence of geodynamic conditions on formation of a field of radon in Azerbaijan. Integrated Approach for Unlocking Hydrocarbon Resources. 3-5 October, 2012. Baku. Azerbaijan. pp. 99.
6. Алиев Ч.С., Алиева А.Р., Велиева Ф.Ф. Оценка уровня радоновой радиации в Азербайджане и изучение его влияния на здоровье человека. Проблемы снижения природных опасностей и рисков / материалы Международной научно-практической конференции “ГЕОРИСК-2012”: В 2-х т. Т.2 - М.: РУДН. 2012. стр. 214-219.
7. Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Багирли Р.Дж., Велиева Ф.Ф., Алиева А.Р. Проблема радона: геодинамические и экологические аспекты. Geology Institute of ANAS Republican Seismic Survey Center of ANAS. Seismoforecasting researches carried out in the Azerbaijan territory. 7-12 October, 2012. Baku. Azerbaijan. стр. 97-106.
8. Aliyev Ch.S., Baghirli R.J., Aliyeva A.R., Veliyeva F.F. Studying of the radon risk in Azerbaijan. The International Conference “Perspectives of peaceful use of nuclear energy”. November 21-23, 2012. Baku. Azerbaijan. pp. 96.
9. Алиев Ч.С., Махмудова Ф.Ф. О роли радона в формировании радиоэкологической среды Абшеронского полуострова // *Azərbaycanda Geofizika yenilikləri*, 1-2. Bakı, 2013. стр. 30-33.
10. Алиев Ч.С., Махмудова Ф.Ф. Медицинская геология // Актуальные вопросы прикладной геологии. Сборник статей - Баку, Издательство “Nafta-Press”, 2013. стр. 115-141.
11. Mahmudova F.F. Formation of Radon anomalies in the territory of Azerbaijan and their pathogenicity. 5th International Scientific Conference of young Scientists and students “Fundamental and Applied Geological Science: Achievements, Prospects, Problems and ways of their solutions”. 14-15 November 2013. Baku/ Azerbaijan. 3. pp. 194-196.
12. Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Valsangiacomo C., Baghirli R.J., Hoffmann M., Mahmudova F.F. The Prospects of Solving of the

Radon Problem in Azerbaijan / 12th International Workshop on the Geological Aspects of radon Risk Mapping. Proceedings. Czech geological Survey. Prague, 2014. pp.7-10.

13. Фейзуллаев А.А., Алиев Ч.С., Бонини М., Васелли О., Багирли Р.Дж., Махмудова Ф.Ф. Экологическая оценка уровня концентрации радона в термальных водах Талыша (Азербайджан) // Вода и экология проблемы и решения, №4/2014, Санкт-Петербург. стр. 69-80.
14. Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Махмудова Ф.Ф., Багирли Р.Дж. Апробация метода снижения радоноопасности в жилых помещениях (на примере Шамахинского района Азербайджана) // Azərbaycanca Geofizika yenilikləri, 3-4. Bakı, 2014. стр. 14-17.
15. Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Bagırlı R.J., Mahmudova F.F. Indoor and outdoor radon levels in Azerbaijan. 2nd International Conference “Radon in the Environment 2015, Krakow, Poland. pp. 61.
16. Aliyev Ch.S., Aliyeva A.R., Mahmudova F.F. Influence of Radon on the Formation of Radio-Ecological Environment of Absheron Peninsula. 3rd International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, 2015, Budva, Montenegro. pp. 582.
17. Фейзуллаев А.А., Алиев Ч.С., Багирли Р.Дж., Махмудова Ф.Ф. Экологическая оценка уровня концентрации радона в термальных водах Талыша (Азербайджан) // АМЕА Хəбərlər Yer elmləri, №1-2. Bakı, 2015. стр. 79-85.
18. Hoffmann M., Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Baghirli R.J., Veliyeva F.F., Pampuri L., Valsangiacomo C., Tollefsen T., Cinelli G. First map Residential Indoor Radon Measurements in Azerbaijan // Radiation Protection Dosimetry, 2016. pp. 1-8.
19. Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Bagırlı R.J., Mahmudova F.F. Studying of the Geological Factors controlling the Distribution of Radon on the territory of Azerbaijan // Coğrafiya və təbii resurslar, №2. Bakı, 2016 (4). pp. 11-17.
20. Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Bagırlı R.J., Mahmudova F.F.

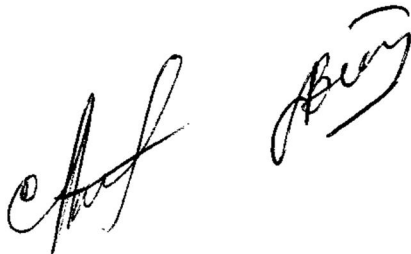
- Creation of radon cadastre and radon distribution map within the territory of Azerbaijan // AMEA-nın xəbərləri Yer elmləri, №3-4. Bakı, 2016. pp. 93-95.
21. Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Багирли Р.Дж., Махмудова Ф.Ф. Распределения радона в зданиях и геологической среде на территории Азербайджана // ГеоРиск 4, Москва, 2016. стр. 32-41.
 22. Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Багирли Р.Дж., Махмудова Ф.Ф. Закономерности распределения радона в Азербайджане и контролирующие их факторы // Научно-технический журнал Евро-Азийское геофизическое общество. Геофизика 1.2017. Москва, 2017. стр.72-77.
 23. Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Багирли Р.Дж., Махмудова Ф.Ф. Закономерности распределения радона на южном склоне Большого Кавказа (азербайджанская часть) // Azərbaycanca Geofizika yenilikləri, 1-2. Bakı, 2017. стр. 6-11.
 24. Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Bagırlı R.J., Mahmudova F.F. The estimation of radon concentration in dwellings and geological environment on the territory of Azerbaijan. RAD 2017, Fifth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, Budva, Montenegro. pp. 444.
 25. Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А., Багирли Р.Дж., Махмудова Ф.Ф. Результаты измерения объемной активности радона в Азербайджане // Геофизические процессы и биосфера. 2017. Т.16, №3. стр. 43-54.
 26. Feyzullayev Ə.Ə., Əliyev Ç.S., Mahmudova F.F., Bağırılı R.C. Radon və insan sağlamlığı. Elmi-populyar broşura. 2017, Bakı, Nafta-Press. 40 s.
 27. Махмудова Ф.Ф. Сравнительный анализ легочных заболеваний и уровня содержания радона в Азербайджане // AMEA-nın Xəbərləri. Yer Elmləri seriyası. Bakı, №1-2, 2018. стр. 78-80.
 28. Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Bagırlı R.J., Mahmudova F.F. Results of measurements of Radon Volume Activity in Azerbaijan // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2018, Vol.54, No.7. pp. 654-660.
 29. Алиев Ч.С., Махмудова Ф.Ф. Оценка радоноопасности в жилых и общественных помещениях в различных регионах

Азербайджана // Вестник МАНЭБ. Санкт-Петербург, Том 24 №1, 2019. стр. 46-49.

30. Махмудова Ф.Ф. Оценка риска для здоровья населения Азербайджана от радонового загрязнения жилых помещений // Молодой Ученый. №32 (270). стр. 10-11.
31. Aliyev Ch.S., Mahmudova F.F. Distribution of Indoor Radon Levels in Azerbaijan and its Potential Health Effects. The 8th International Conference on Medical Geology. August 12-15th, 2019. Guiyang, China. pp. 161.

İddiəçının şəxsi payı

İddiaçı [1, 11, 27, 30] nömrəli işləri müstəqil yerinə yetirmişdir, [2-10, 12-26, 28-31] nömrəli işlərin isə məsələnin qoyuluşu, laborator tədqiqatların yerinə yetirilməsi və nəticələrin ümumiləşdirilməsində iştirak etmişdir.



Dissertasiyanın müdafiəsi 29 İyun 2021-ci il tarixində saat 14 00 Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən BED1.01 Birdəfəlik Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1143, H.Cavid pr. 119, Bakı, Azərbaycan.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Geologiya və Geofizika İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 27 May 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 25.05.2021

Kağızın formatı: 60x84^{1/16}

Həcm: 37276

Tiraj: 30 nüsxə