Качыбекова А., Чекиров К.Б.

АЙЛАНА-ЧӨЙРӨНҮН ГЕНОТОКСИКАЛУУЛУГУН АНЫКТООДО МИКРОЯДРОЛУК ТЕСТ ЫКМАСЫНЫН КОЛДОНУЛУШУ: ДҮЙНӨДӨГҮ ЖАНА КЫРГЫЗСТАНДАГЫ АБАЛ

Качыбекова А., Чекиров К.Б.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МИКРОЯДЕРНОГО ТЕСТА В ОПРЕДЕЛЕНИИ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: СОСТОЯНИЕ В МИРЕ И В КЫРГЫЗСТАНЕ

A. Kachybekova, K.Chekirov

APPLICATION OF THE METHOD OF MICRONUCLEUS TEST IN DETERMINING THE GENOTOXICITY OF ENVIRONMENT: THE STATE OF THE WORLD AND IN KYRGYZSTAN

УДК: 576.08

Адамдын генетикалык аппаратын жабыркатуучулардын бири генотоксиканттар саналат. Антропогендик булгануулардын жана башка бир катар оорулардын, генотоксиканттардын адамдын генетикалык аппаратына болгон таасирин бир катар методдордун ичинен буккалдык эпителийди микроядролук тестирлөө методунун жардамы менен жүргүзүлүп келет. Макалада курчап турган чөйрөнүн генотоксикалуулугун аныктоодо микроядролук тест ыкмасынын колдонулушу жана бул багытта дүйнө жүзүндө, Кыргызстанда жүргүзүлүп жаткан изилдөөлөрдүн абалы көрсөтүлгөн.

Негизги сөздөр: *буккалдык эпителиоцит, микроядролук тестирлөө, микроядро, генотоксикалуулук.*

Одним из разрушителей генетического аппарата являются генотосиканты. Оказанное влияние антропологических загрязнений, некоторых заболеваний и генотосикантов на человеческий генетический аппарат определяется с помощью метода микроядерного тестирования буккального эпителия. В статье рассмотрены вопросы о значимости использования микроядерного теста в определении генотоксичности окружающей среды в мире и в Кыргызстане.

Ключевые слова: *буккальный эпителиоцит, микроядерный тест, микроядро, генотоксичность.*

One of the destroyers of the human genetic apparatus are genotoxicants. The influence of anthropogenic pollution, some diseases and genotoxicants on the human genetic apparatus is determined from different methods using the method of micronuclear testing of buccal epithelium. In this article reviewed genotoxic evaluation of the environment in the world and in Kyrgyzstan using the micronucleus test.

Key words: *buccal epitheliocytes, micronucleus test, micronucleus, genotoxicity.*

Ар бир организм курчап турган айлана-чөйрө менен тыгыз байланышкан. Кандай гана жандуу организм болбосун (өсүмдүк, жаныбар, микроорганизм) өзгөргүчтүү айлана-чөйрөдө ыңгайланышып жашап, тиричилик аракетин жүргүзөт. Акыркы жылдары курчап турган чөйрөнүн булгануусу адамдардын жашоосуна жана ден соолугуна терс таасир тийгизип келүүдө. Чөйрөнү булгоочулардын арасынан көбүрөөк коркунуч жаратканы генотоксиканттар. ДНКнын структурасын, генетикалык процесстерди бузуучу жана мутацияларды чакыруучу факторлор генотоксиканттар деп аталат [1]. Генотоксиканттардын таасири адамдарда тукум куучулук, онкологиялык, жана аутоагрессивдик оорулардын көбөйүүсүн, тубаса аномалиялардын пайда болуусун, кош бойлуулук жана перинаталдык мезгилдеги оорчулуктарды, күтүлбөгөн абортту, эрте карууну пайда кылат [2;3]. Азыркы учурда чөйрөнүн генотоксикалуулугун аныктоо үчүн 200дөн ашык метод иштелип чыккан жана түрдүү биологиялык объекттерди (вирустарды, бактерияларды, жаныбарларды, өсүмдүктөрдү, адамдардын клеткаларын) изилдөө менен түрдүү генетикалык жабыркоолор катталып келүүдө [4].

Антропогендик булгануулардын жана башка бир катар оорулардын адамдын генетикалык аппаратына болгон таасирин бир катар методдордун ичинен буккалдык эпителийди микроядролук тестирлөө методунун жардамы менен изилдөөлөр активдүү жүргүзүлүүдө. Белгилүү болгондой, микроядролук тесттин жардамы менен адамдын генетикалык системасынын абалын кымбат баалуу каражаттарды талап кылбастан, тез аныктоого мүмкүн. Микроядролор – клеткада негизги ядродон өзүнчө жайгашкан ДНК камтыган структуралар [5]. Талданган адабияттардын негизинде препараттарды даядоо методикасын төмөндөгүдөй көрсөтүүгө болот: 1) препараттарды даярдоодон мурда ооз көңдөйү суу менен чайкалат, 2) стерилдүү шпателди спирт менен сүртүп, жаактагы былжыр катмардан кырынды алынат, 3) алынган материал айнекчеге жайгаштырылып, абада кургатылат, 4) материал фиксацияланып, боёк менен боёлот, 5) микроскоп алдында 1000ден 3000 ге чейинки сандагы клеткалар талданат. Көрсөтүлгөн методиканын боё ыкмасынан башкасы көпчүлүк авторлордуку окшош [7]. Айрым изилдөөчүлөр, алынган материалды айнекчеге дароо жайгаштырбастан шпателди бир нече жолу буфердик эритмеде чайкашат жана клеткаларды центрифугирлеп чөктүрүп, чөкмөнү буфердик эритме менен жууп, предметтик айнекчеге жайгаштырышат. Андан соң препараттарды фиксациялап, боёшот [8;9;10]. Бирок, кээ бир изилдөөчүлөрдүн көз-карашы боюнча седиментация

процесси клеткалардын бөлүктөрүн жабыркатышы мүмкүн [7]. Микроскопиялык изилдөө жүргүзүү үчүн сапаттуу препараттарды даярдоодо эң оптималдуу боек катары Романовский-Гимза боюнча азур-эозин саналат. Көпчүлүк чет элдик авторлор, мисалы, S. Bonassi жана P. Thomas препараттарды талдоодо флюреценттик микроскоп колдонулгандыктан Фельген боюнча боёну сунушташат [11;12]. Изилдөөчүлөрдүн көпчүлүгү микроядролордон сырткары башка да: протрузия, жарылган жумуртка тибиндеги протрузия, көбүкчө тибиндеги протрузия, ядролук көпүрөчөлөр, бир клеткада эки ядронун болуусу, бир клеткада үч же андан көп ядронун кездешүүсү, перинуклеардык вакуоль, амитоз, вакуолдошкон ядролор, кариопикноз, кариолизис, кариорексис, хроматиндин конденсациясы, апоптоздук денечелер сыяктуу ядролук аномалияларды изилдеп келишет [10;13-23]. Дүйнө жүзүндөгү бир катар өлкөлөрдөгү (Мексика, Бразилия, Украина, Индия, Кытай, Россия) айрым изилдөөчүлөр [24-32] тарабынан микроядролук тесттирлөөнүн жардамы менен бир нече изилдөөлөр жүргүзүлгөн. Мисалы, В.Г. Маймуловдун жана кесиптештеринин изилдөөлөрүндө дени сак адамда микроядролордун орточо жыштыгы 18-45 жаш курагында 0,63-0,64% экендиги белгиленген [6].

Генотоксикант катары, иондук нурлануулар белгилүү канцерогендердин катарына кирет. Украинада Чернобыль атомдук электростанциясында иондук нурланууга дуушар болгон, тазалоо иштерине катышкан 111 эркек жумушчулардын 12-18 жылдан кийинки буккалдык эпителиоциттеринин үлгүлөрү микроядролук тестирлөөнүн жардамы менен изилденген. Башкаларга салыштырмалуу өндүрүштүк рентгенология тармагында иштегендерде микроядролордун жыштыгы (6,19%) жогору экендиги байкалган [24].

Цитогенетикалык токсикалуулуктун жыштыгын баалоо максатында Пакистандын Лахоре шаарында күйүүчү май куюп эмгектенген жумушчулардын буккалдык клеткаларына талдоо жүргүзүлгөн. 200 адамдын арасынан (100 жумушчу жана 100 контроль) күйүүчү май куюп эмгектенгендерде цитогенетикалык токсикалуулуктун жыштыгы контролдук группага салыштырмалуу жогору экендигин көрсөтүлгөн [25].

Учурда ядролук аномалиялар (микроядролор жана метаядролук өзгөрүүлөр) клетканын жабыркоосун аныктоо үчүн биомаркер катары колдонулууда. Өспүрүм балдар жетилген адамдарга салыштырмалуу курчап турган чөйрөнүн жагымсыз шарттарына сезгич келгендиктен, бул курактагы балдардагы генетикалык жабыркоолорду талдоо да кызыгууларды жаратып келет. Ушунун негизинде Бразилиянын Дорадус шаарында мектеп чөйрөсүнө, тамеки түтүнүнүн жана транспорт кыймылынын таасирине карата, окуучулардын ооз көндөйүнүн былжыр катмарындагы клеткалардагы метаядролук (кариолизис, пикноз, кариорексис, эки ядролуу клеткалар, хромосомдук көпүрөчөлөр, микроядролор) өзгөрүүлөргө изилдөөлөр жүргүзүлгөн. Натыйжада тамеки түтүнүнүн таасирине кабылган балдарда ядролук аномалиялар жогору экендиги жана эркек балдарга салыштырмалуу кыз балдарда бул көрсөткүч жогору болгондугу байкалган. Демек, бул алынган натыйжалар тамеки түтүнү, транспорт кыймылы генетикалык жабыркоолорго алып келгендигин жана кыз балдар генотоксикалык, мутагендик агенттерге туруштук бере албагандыгын көрсөтүп турат [26].

Ар бир өлкөдө таштандылар адамдар тарабынан чогултулуп, бир жерге алып барылат же кайра иштетилет. Бүгүнкү күндө таштандылардын курчап турган чөйрөгө жана адамдардын ден соолугуна тийгизген таасири өзгөчө көңүл бурууну талап кылат. Бразилияда 24-53 жаш курагындагы 47 таштанды чогултуучуларга таштандылардын цитотоксикалык, мутагендик таасирлерин аныктоо максатында микроядролук тесттин жардамы менен изилдөөлөр жүргүзүлгөн. Статистикалык талдоолорго караганда контролдук жана изилденүүчү топто жогорку деңгээлдеги айырмачылыктар байкалган эмес. Бирок таштанды чогултуучуларда кариолизис жана пикноз көбүрөөк байкалган. Жалпысынан алынган жыйынтыктар таштандынын аларды чогултуучуларга цитотоксикалык коркунуч жараткандыгын көрсөтүп турат [27].

Белгилүү болгондой, акыркы жылдары дүйнө жүзүндө, айыл чарбасында химиялык заттар кеңири колдонулууда, бул багытта, пестициддердин генотоксикалык таасирин аныктоо үчүн Индиянын пахта талааларында эмгектенген айыл чарба жумушчуларынын буккалдык эпителиоциттери изилденген. Жыйынтыгында, изилденген адамдардын ДНКсы жабыркагандыгы жана микроядролордун жыштыгы жогорку деңгээлде болгондугу аныкталып, айыл чарба жумушчуларынын ден соолугу үчүн генотоксикалык тобокел жогору экендиги белгиленген [28].

Латын Америкада жана Мексикада ичүүчү суунун курамындагы органикалык эмес мышьяктын (As) таасири жергиликтүү калк үчүн саламаттыкты сактоо көйгөйүн жаратып келет жана жагымсыз шарттардын таасирин тез аныктоочу методдорду талап кылат. Мексиканын Дуранго шаарында мышьяк кармалган суу ичкен балдардын буккалдык эпителиоциттерине изилдөөлөр микроядролук тестирлөөнүн жардамы менен жүргүзүлгөн. Микроядролордун жыштыгы жана суудa, заарада кармалган мышьяктын деңгээли өлчөнгөн. Натыйжада, мышьяк кармалган суу ичкен балдардын буккалдык эпителиоциттеринде микроядролордун бир кыйла олуттуу жыштыгы байкалган [29]. Ушундай эле изилдөөлөр Батыш Бенгалияда жүргүзүлүп, жыйынтыгында, контролго салыштырмалуу мышьяктын токсикалык таасири жогору экендиги көрсөтүлгөн [30].

Бразилиянын чыгыш бөлүгүндө жайгашкан Лукреция шаары онкологиялык оорулардын көп кездешкендиги, жарым кургак жана минералдык калдыктар сакталган, жогорку деңгээлдеги табигый радиоактивдүүлүгү менен белгилүү. Бул шаарда жашаган калктагы мутагендик жана ядролук туруксуздук микроядролук тестирлөөнүн жардамы менен изилденген. Микроядролордун жана ядролук аномалия-

лардын жыштыгы жогору болуп, олуттуу мутагендик таасирлер байкалган. Алынган жыйынтыктар бул аймакта радиоактивдүүлүктүн жана мутагендүүлүктүн жогорку деңгээлинин генотоксикалуулугун көрсөтүп турат [31].

Азыркы учурда курчап турган чөйрөнүн генотоксикалуулугун аныктоо боюнча мониторинг Россияда да бир нече изилдөөчүлөр тарабынан жүргүзүлүп келет. Россиянын Кабардино-Балкар Республикасында жайгашкан Тырныауз вольфрам-молибден комбинатынын калдык сакталган жайынан курчап турган чөйрөгө оор металлдар бөлүнүп чыгат. Калдык сакталган жайда 100 млн тоннадай калдыктар сакталган жана рекультивация иштери жүргүзүлгөн. Калдык сакталган жайдын жанында жайгашкан Былым айылында калдыктардын балдарга болгон таасири изилденген. Таза аймак катары калдык сактоочу жайдан 30 км аралыкта жайгашкан Жогорку Баксан айылы алынган. Изилдөөлөр көрсөткөндөй, Былым айылындагы балдардын буккалдык эпителиоциттеринде цитогенетикалык жабыркоолор контролдук аймакка салыштырмалуу 4,1 эсе жогору болгон. Алынган маалыматтар сакталган калдыктардын генетикалык аппаратка болгон таасирин көрсөтүп турат [32]. Ушундай эле чөйрөнүн эколого-генетикалык абалын баалоо боюнча изилдөөлөр Түндүк Казакстандын уран казып алынуучу аймактарында да жүргүзүлгөн. Уран казып алуучу ишканаларда иштеген адамдарда микроядролордун кездешүү жыштыгы контролдук топко салыштырмалуу 3 эсе жогору болгон. Уран өндүрүшүндө эмгектенген Заозерный жана Саумалколь айылдарынын жашоочуларында микроядролордун жыштыгы 5,3% жана 4,2% ды, ал эми контролдук аймак катары алынган Зеренда айылында 1,1 - 1,5 % ды түзгөн [33].

Микроядролук тест методу Кыргызстандын изилдөөчүлөрү тарабынан да колдонулуп келет. Юнусов А.А. ж.б. репродуктивдик курактагы аялдардын аутоиммундук тироидинде эксфолиативдик клеткаларда микроядролордун кездешүү жыштыгын аныкташкан. Аутоиммундук тироид менен ооруган аялдарда микроядролуу жана протрузиялуу клеткалардын жыштыгы (4,4± 0,29%) контролдук топтон жогору экендиги көрсөтүлгөн. Демек, аялдардын аутоиммундук тироиди ооз көндөйүнүн эксфолиативдик эпителий клеткаларында микроядролордун жыштыгынын жогору болгондугу менен цитогенетикалык жабыркоолорго алып келгендиги байкалып турат. Бир жагынан иммундук система генетикалык жабыркаган эпителиоциттерди тааныбайт жана аларды жок кылбайт, бул аберранттык клеткалардын топтолушуна жана адамдын генетикалык системасынын туруктуулугунун бузулуусуна алып келүүсү мүмкүн [34].

Бишкек шаарынын май куюучу жайларында иштеген жумушчулардын буккалдык эпителийинде микроядролордун саны боюнча өзгөрүүлөрү, алардын жогорулашы, ДНКнын жабырланышы жана цитогенетикалык бузулуулар боюнча боюнча изилдөөлөрдү Эшенкулова А.С жүргүзгөн. Изилдөөлөрдүн жыйынтыгында май куюу жайларында иштеген жумушчуларда микроядролордун жыштыгы 2.7%, ал эми контролдук топто 1.08% болгон [35]. Ошондой эле Талайбекова С.Т. Кыргызстанда онкологиялык оорулар менен ооруган жана дени сак адамдарда микроядролордун кездешүү жыштыгын аныктаган. Натыйжада онкологиялык оорулар менен ооруган адамдарда микроядролордун жыштыгы 3,80%га, ал эми контролдук группада 1,99%га барабар болгондугу көрсөтүлгөн. Микроядролуу клеткалардын жыштыгынын жогорулоосу онкологиялык оорулар менен ооруган адамдарга экологиялык жагымсыз шарттардын таасир этип, онкологиялык ооруларды чакыргандыгын белгилеп турат. Онкологиялык оорулар менен ооруган адамдардын цитогенетикалык абалын микроядролук тесттин жардамы менен талдоо ооруну эрте диагностикалоого жана ырбаак туюк жараларды алдын алууга жардам берет [36].

Ошентип, жогоруда келтирилген илимий изилдөөлөрдүн натыйжалары көрсөтүп тургандай, микроядролук тест фундаменталдык жана прикладдык изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн эң ыңгайлуу жана келечектүү метод болуп саналат. Бул методдун жардамы менен курчап турган чөйрөнүн генотоксикалуулугун аныктоонун натыйжасында түрдүү оорулардын алдын алууга, ар кандай техногендик кырсыктар, экологиялык катастрофалар учурунда курчап турган чөйрөнүн мутагендик эффектин баалоого, зыяндуу өндүрүштөрдүн анда иштеген жумушчуларга таасирин ж.б. изилдөөгө болот. Азыркы убакта микроядролук тест Европа өлкөлөрүндө жана Японияда токсикологиялык изилдөөлөрдө милдеттүү түрдө колдонулат.

Учурда Кыргызстанда атмосфералык абанын булгануулары, суунун булгануусу, радиоактивдик булгануулар сыяктуу чөйрөнүн булгануулары менен байланышкан бир катар экологиялык көйгөйлөр бар [37-40]. Дүйнөлүк саламаттык сактоо уюмунун акыркы маалыматтарына ылайык курчап турган чөйрөнүн факторлорунун адамдын ден соолугуна тийгизген таасиринин үлүшү 25-30%га барабар. Ошондуктан курчап турган чөйрөнүн абалын контролго алуу жана чөйрөнүн факторлорунун жандуу организмдерге негативдүү таасирин аныктоо максатында чөйрөнүн генотоксикалуулугуна карата цитогенетиканын микроядролук тест ыкмасынын жардамы менен мониторингдин жүргүзүлүүсү жана бул багытта илимий изилдөөлөрдүн аткарылуусу учурдагы актуалдуу жана маанилүү маселелердин бири.

Адабияттар:

1. Тарасов В.А. Принципы качественной и количественной оценки генетической опасности химических веществ. // Докл. Междунар. симп. Мутагены и канцерогены окружающей среды и наследственность человека. - М., 1994. - С. 3-66.
2. Абилев С.К. Химические мутагены и генетическая токсикология. // Природа. - 2012. - №10. - С. 39-46.
3. Худолей В.В. Канцерогены: характеристики, закономерности, механизмы действия. // СПб.: НИИ химии СПбГУ, 1999. - С.67-85.

4. Сычева Л.П., Коваленко М.А., Шереметьева, С.М., Дурнев, А.Д., & Журков, В.С. Изучение мутагенного действия диоксидина полиорганным микроядерным методом. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 2004. - Т. 138. - №8. - С. 188-190.
5. Кисурина-Евгеньева, О. П., Сутягина, О., Онищенко, Г. Биогенез микроядер (обзор). // Биохимия. 2016. - Т.81. - №5. - С. 612-624.
6. Маймулов, В.Г., Якубова, И.Ш., Суворова, А.В., Блинова, Л.Т., Иванова, В. Ф., & Катаева, Л.В. Оценка частоты микроядер в эпителиоцитах слизистой оболочки полости рта у школьников в районах с различной интенсивностью загрязнения окружающей среды. // Материалы обьед. Пленума Научных Советов РФ, 2010. - С. 15-16.
7. Калаев В.Н.,. Артюхов В.Г,. Нечаева М.С. Микроядерный тест буккального эпителия ротовой полости человека: проблемы, достижения, перспективы. Цитология и генетика. 2014. - Т.48. - №6. - С.62-63
8. Lucero L., Pastor S., Suarez S. et al. Cytogenetic biomonitoring of Spanish greenhouse workers exposed to pesticides: micronuclei analysis in peripheral blood lymphocytes and buccal epithelial cells // Mutat.Res. 2000. T. 464. - №2. - P.255-262.
9. Sellappa S., Prathyumnan S., Joseph S., Keyan K.S. Micronucleus test in exfoliated buccal cells from chromium exposed tannery workers // Int. J. Biosci., Biochem. Bioinform. 2011.T.1. №1. - P.58-62.
10. Мейер А.В., Дружинин В.Г., Ларионов А.В., Толочко Т.А. Генотоксические и цитотоксические эффекты в буккальных эпителиоцитах детей, проживающих в экологически различающихся районах Кузбасса // Цитология. 2010. Т. 52. № 4. С. 305–310.
11. Thomas P., Holland N., Bolognesi, C., Kirsch-Volders M., Bonassi S., Zeiger E., ... & Fenech M. Buccal micronucleus cytome assay. // Nature protocols. 2009. T4. - №6. - C. 825-837.
12. Bonassi S., Biasotti B., Kirsch-Volders M., Knasmueller S., Zeiger E., Burgaz S., ... & Fenech M. State of the art survey of the buccal micronucleus assay-a first stage in the HUMNXL project initiative. // Mutagenesis. - 2009. - T.24. - №4. C.295-302.
13. Джамбетова П.М., Молочаева Л.Г., Махтиева А.Б., Сычева Л.П. Оценка влияния загрязнения почв нефтепродуктами на цитогенетический статус и показатели апоптоза в клетках буккального эпителия у детей. // Экол.генетика человека. 2009. - Т.7. - №4. - С. 34-40.
14. Бяхова М.М., Сычева Л.П., Журков В.С., Гельштейн В.С., Сухарева И.В., Шишкина Л.И., & Машинцов Е.А. Кариологические и иммунологические показатели у детей в условиях различного загрязнения атмосферного воздуха. // Гигиена и санитария. - 2010. - №3. - С.9-11.
15. Сычева Л.П., Иванов, С.И., Коваленко М.А., Журков, В.С., Беляева Н.Н., & Анциферов Б.М. Цитогенетический статус детей, проживающих вблизи целлюлозно-бумажного комбината. // Гигиена и санитария. 2010. №1. - С. 7-10.
16. Алещенко А.В., Алчинова И.Б., Дмитриева О.С., Дмитриева, Г.П., Карганов, М.Ю., Кожевникова, М.И., ... & Пелевина И.И. Использование цитогенетического метода исследования буккального эпителия и метода лазерной корреляционной спектрометрии для мониторинга нарушений в организме детей. // Цитология. 2006. - Т. 48. - №2. - С.169-172.
17. Thomas P., Hecker, J., Faunt J., & Fenech M. Buccal micronucleus cytome biomarkers may be associated with Alzheimer's disease. // Mutagenesis. 2007. - T.22. - №6. - C. 371-379.
18. Чемикосова Т.С., Гуляева О.А., & Голубь А.А. Метод ранней диагностики мутагенного и канцерогенного воздействия профессионального токсического фактора. // Институт стоматологии. - 2009. - Т.4. №45. - Р. 70-71.
19. Celik, A., Diler, S. B., & Eke, D. Assessment of genetic damage in buccal epithelium cells of painters: micronucleus, nuclear changes, and repair index. // DNA and cell biology. - 2010. - T.29. - №6. - P. 277-284.
20. Diler S. B., & Ergene S. Nuclear anomalies in the buccal cells of calcite factory workers. // Genetics and molecular biology. - 2010. - T.33. - №2. - P. 374-378.
21. Sudha S., Kripa S.K., Shibily P., & Shyn J. Elevated frequencies of micronuclei and other nuclear abnormalities of chrome plating workers occupationally exposed to hexavalent chromium. // Iranian journal of cancer prevention. 2011. - T.4. - №3. - P. 119-120.
22. Rajkokila K., Shajithanoop S., & Usharani M.V. Nuclear anomalies in exfoliated buccal epithelial cells of petrol station attendants in Tamilnadu, South India. // Journal of Medical Genetics and Genomics. - 2010. - T.2. - №2. P.24-28.
23. Çelik A., Çavaş T., & Ergene-Gözükara S. Cytogenetic biomonitoring in petrol station attendants: micronucleus test in exfoliated buccal cells. // Mutagenesis. 2003. - T.18. - №5. - P. 417-421.
24. Bazyka D. et al. Buccal mucosa micronuclei counts in relation to exposure to low dose-rate radiation from the Chornobyl nuclear accident and other medical and occupational radiation exposures. //Environmental Health. 2017. - T.16. №1. - C. 70-71.
25. Butt F. et al. Cytogenetic bio-monitoring in fuel station attendants of Gujrat, Pakistan through buccal micronucleus cytome assay // JPMA 2017. - №1039. - P. 67-68.
26. Cavalcante D.N.D. C., Sposito J.C.V., Crispim B.D.A., Nascimento A.V.D., & Grisolia A.B. Genotoxic and mutagenic effects of passive smoking and urban air pollutants in buccal mucosa cells of children enrolled in public school. // Toxicology Mechanisms and Methods. 2017. - T. 27. - №5. - P. 346-351.
27. Andrade M.C., Dos Santos J.N., Cury P.R., Flygare A.C. C., Claudio S.R., Oshima C.T.F., & Ribeiro D.A. Cytogenetic Biomonitoring in Buccal Mucosal Cells from Municipal Solid Waste Collectors. //Anticancer Research. 2017. - T. 37. - №2. - P. 849-852.
28. Perumalla Venkata, R., Rahman, M. F., Mahboob, M., Indu Kumari S., Chinde S., Dumala N., & Grover P. Assessment of genotoxicity in female agricultural workers exposed to pesticides. // Biomarkers. 2017. T.22. - №5. - P. 446-454.
29. Guzmán O.D.L., Salazar R.C., Martínez N.P., Contreras Y.A., Salazar M.B., & Amador D.O.R. Micronucleus in exfoliated buccal cells of children from durango, mexico, exposed to arsenic through drinking water. // Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2017. - T.33. - №2. - P. 281-287.
30. Pal P., Raychowdhury R., Dolai T.K., Roy S., Dastidar R., & Halder A. Study of arsenic exposure in oral/oropharyngeal carcinoma in West Bengal. //International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. 2017. - T.30. - №2. - P. 271-279.
31. Marcon A.E., Navoni J.A., de Oliveira Galvão M.F., Garcia A.C.F.S., do Amaral V.S., Petta R.A., ... & de Medeiros S.R.B. Mutagenic potential assessment associated with human exposure to natural radioactivity.// Chemosphere. 2017. - №167. - C. 36-43.
32. Реутова Н.В., Древа Ф.Р., Реутова Т.В., Шевченко, А.В., & Дударов З.И. Влияние захороненных отходов

от горно-обогатительных производств на детей, проживающих в районе их расположения. // Гигиена и санитария. 2016. - Т. 95. - №6. - С. 572-576.

33. Какабаев А.А., Татаркина Л.А., Шарипова Б.У., Жумажан С.Е. Эколого-генетическая оценка загрязненности уранодобывающих районов Северного Казахстана с применением современных омикс-технологий (микроядерного теста) // Естественные науки. 2000. №574. С.95-99.
34. Юнусов А.А., Галиулина Е.В., Бурканова Т.О. Формирование микроядер в эксфолиативных клетках при аутоиммунном тиреоидите у женщин репродуктивного возраста // Вестник КРСУ. 2014. - Том 14. - №5. - С. 198-201.
35. Эшенкулова А.С. Показатели микроядерного теста у лиц контактирующих с нефтепродуктами. // Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева 2016. - Т.49. - №4.-С. 47-49.
36. Талайбекова С.Т. Микроядерный тест в качестве скрининга в онкологии. // Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева 2016. - Т.49. №4. - С.113-115.
37. Бегалиева Г.А., Кендирбаева С.К. Оценка уровня загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами автотранспортных средств по улице Абдрахманова и Байтик батыра в г. Бишкек // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2016. - №9. - С. 149-152.
38. Жолболдиев Б.Т. Современная радиационная обстановка на участке Каджи-Сай – Ак-Терек Иссык-Кульской области // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2016. - №1. - С. 111-113.
39. Собуров К.А., Вишневский А.А., Казыбекова А.А., Таалайбек кызы Ы. Мониторинг иммунитета у жителей центрального Тянь-Шаня в условиях меняющегося климата // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2017. - №3. - С. 45-48.
40. Ибраимова Г.И., Рыскулова Г.К. Оценка эколого-хозяйственного состояния территорий (на примере Нарынской, Ошской и Чуйской областей) // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2016. - №6. - С. 67-74.

Рецензент: к.вет.н., доцент Алдаяров И.С.