

Глава 5

Экогигиенические подходы к изучению адаптационных возможностей организма

Экологическая гигиена - медицинская наука с максимально возможными междисциплинарными связями и с приоритетными целями профилактической медицины, изучающая влияние на население регионов и населенных пунктов опасных и вредных факторов среды обитания и разрабатывающая мероприятия по защите людей от их неблагоприятного воздействия. Экогигиену можно рассматривать как учение о здоровье людей планеты в связи с экологической ситуацией, о способах его сохранения, укрепления и приумножения (Полунин И.И., 1996). Объектом ее исследования является человек и человеческие популяции, предметом изучения в объекте - здоровье человека и популяции, целью - сохранение и приумножение здоровья, методом достижения цели - профилактику болезней и преждевременного изнашивания организма путем оздоровления окружающей среды и организации здорового образа жизни (Эпштейн О.И., 1997). Для реализации этого метода экогигиена изучает окружающую среду и ее влияние на организм человека, коллективы, нации, выявляет вредные факторы среды и предельно допустимые границы их действия, разрабатывает рекомендации по устранению вредных и рациональному использованию полезных факторов (Йогансен Б.Г., 1990; Маймулов В.Г., Нагорный С. В., Шабров А. В., 2000).

Известно, что антропогенное загрязнение окружающей среды несет большую опасность ныне живущим и будущим поколениям. Особенно остро эта проблема встает перед индустриальными странами, она неизбежна и для всего мира из-за глобального выпадения радиоактивных и других высокотоксичных осадков техногенного происхождения. Повышение, по сравнению с фоновым, их содержания в атмосфере, осадках, почве, компонентах пищевых цепей приводит к отклонениям в состоянии здоровья человека, и может иметь негативные последствия для будущих поколений. Из-за нарастающего загрязнения среды мутагенами физической и химической природы увеличивается риск онкологических заболеваний и возрастает объем генетического груза в популяции человека. Необходимость принятия незамедлительных мер по идентификации мутагенов и канцерогенов, предотвращению их поступления в окружающую среду или нейтрализации их вредных эффектов стала совершенно очевидной. Другая не менее важная задача - оценить, в какой мере уже произошедшие в биосфере изменения могли повлиять на темпы мутирования и объем мутационного груза в популяциях человека (генетический мониторинг).

Генетические эффекты неблагоприятных техногенных воздействий могут заключаться в повреждении генетического аппарата генеративных клеток человека, животных и растений и передаваться в ряду поколений в виде врожденных дефектов развития и наследственных болезней. Возникающие мутации проявляются на молекулярно-генетическом, биохимическом, цитогенетическом, морфологическом и физиологическом уровнях, поэтому анализ генетических последствий антропогенных загрязнений должен базироваться на комплексной системе мониторинга, включающей различные тестовые системы - группы организмов от человека до простейших, и охватывать разные уровни - от молекулярно-генетического до биоэкологического (Матвеева В.Г., Саблина О.В., Еремина В.Р. и др., 1993).

Один из подходов, позволяющих оценить генетические эффекты воздействия экологических факторов на человека, основан на цитогенетическом исследовании хромосом с целью выявления различных хромосомных аберраций (Мажитова З.Х., Самуратова Р.Б., Аппасова М.И., Чой С.В., Байгушикова Г.М., 2000).

Изучению спонтанной частоты хромосомных аберраций в зависимости от календарного возраста посвящено много работ, в части из них приводятся сведения по спонтанному уровню аберраций из контрольных групп. Работ по изучению частоты хромосомных аберраций в зависимости от биологического возраста в доступной нам мировой литературе мы не встречали. В этой связи изучение спонтанной частоты хромосомных аберраций в зависимости от КВ и БВ приобретает новый смысл. Если первый отображает количество прожитых лет в единицу астрономического времени, то второй - групповую стандартизацию однотипных возрастных качеств приобретенных организмом в процессе онтогенеза, которые присущи каждому отдельному лицу. Величина БВ характеризует уровень снижения жизнеспособности как показатель влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья в качестве гигиенического показателя. До сих пор еще нет единого мнения о влиянии возраста на спонтанную частоту хромосомных аберраций в лимфоцитах периферической крови человека. Тем не менее, в настоящее время спонтанная частота хромосомных аберраций принимается в пределах от 1% до 3%. Однако в ряде работ, уровень их частоты определяется в более широких пределах и варьирует от 1% до 5%, причем наибольший разброс наблюдается по числу клеток с хроматидными фрагментами. Более сходные данные получены в отношении аберраций хромосомного типа (парные ацентрические фрагменты, дицентрики, симметрические транслокации). При изучении спонтанной частоты хромосомных аберраций наиболее важным методическим приемом является отбор обследуемых во всех возрастных группах для исключения влияний, искажающих информацию о спонтанном уровне цитогенетических изменений. Так, исследования не проводили у лиц, контактировавших с мутагенами, которые по современным представлениям, могут вызвать изменения спонтанного уровня хромосомных аберраций. К ним относились лица, подвергавшиеся облучению с диагностической или терапевтической целью, а также контактировавшие как с источниками ионизирующего излучения в производственных условиях, так и лиц находившихся в зоне отчуждения после аварии на Чернобыльской АС. Из-за широкой распространенности рентгенологического метода диагностики цитогенетические

исследования не проводили у лиц, получавших не менее чем за год до него небольшую дозу при флюорографии. Кроме того, не обследовали лиц, перенесших за последние 2-3 года заболевания вирусной этиологии, принимавших медикаментозное лечение в связи с острыми и хроническими заболеваниями за тот же период, а также лиц, имеющих контакт с профессиональными вредностями, с отягощенной наследственностью, подвергавшиеся интенсивной химиотерапии.

Цитогенетические исследования проводили микрометодом на культуре лимфоцитов периферической крови. Культивировали лимфоциты общепринятым способом в течение 50 часов. Препараты хромосом шифровали и анализировали согласно рекомендациям ВОЗ. Биологический возраст (БВ) определяли в зависимости от пола, по формулам разработанным Институтом геронтологии АМН Украины (Илющенко В.Г., 1988). Возрастные группы взяты близко к принятым в антропологии.

При изучении частоты хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови у 680 лиц разного возраста и пола выявлено 1002 перестройки в структуре хромосом в 932 aberrантных клетках. Средняя частота aberrаций и aberrантных клеток составила 1,47 и 1,44% соответственно. На одну aberrантную клетку в среднем приходится 1,023 aberrации. Индивидуальная частота aberrаций и aberrантных клеток варьировала от 0 до 5%, причем у 94% обследованных лиц она была в пределах от 0 до 3% (табл.4).

Таблица 4

Возрастная динамика (КВ) спонтанной частоты хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови человека

Возраст, годы	Число лиц	Число aberrаций и aberrантных клеток на 100 метафаз		Частота aberrаций на 1 aberrантную клетку
		Хромосомные aberrации	Aberrантные клетки	
Новорожденные (Н)	95	1,69	1,69	1,000
1	33	0,76	0,76	1,000
4-6(5)	19	0,68	0,68	1,000
7-14(10)	31	0,62	0,62	1,000
15-24 (20)	61	0,69	0,69	1,000
25-34 (30)	102	1,13	1,13	1,000
35-44 (40)	81	1,17	1,17	1,000
45-54 (50)	58	1,37	1,37	1,013
55-64 (60)	64	1,99	1,92	1,041
65-74 (70)	70	2,13	2,06	1,035
75-84 (80)	38	2,44	2,32	1,046
85-100 (90)	28	3,04	2,86	1,062

Частота хромосомных изменений зависит от возраста обследованных лиц. У новорожденных, в среднем, частота хромосомных aberrаций составила 1,69±0,13%. Среди детей в возрасте 1 год частота структурных нарушений хромосом в 2,2 раза ниже по сравнению с новорожденными. В возрастных группах от 1 года до 20 лет отмечаются незначительные колебания в частоте хромосомных aberrаций. Следовательно, можно полагать, что устанавливается некоторое равновесие между частотой хромосомных aberrаций и возрастом обследованных лиц. В дальнейшем (после 20 лет) наблюдается постоянное увеличение частоты хромосомных aberrаций. И к исходу 80-90-летнего возраста частота хромосомных изменений достигает 3% рубежа (табл.5).

Таблица 5

Распределение обследованных лиц в различных возрастных группах по частоте хромосомных аберраций и аберрантных клетках, %

Возраст группы, годы	Количество изменений в 100 метафазах					
	0	1	2	3	4	5
По частоте хромосомных аберраций						
Н	10,5	34,7	35,8	13,7	4,2	1,1
1	33,3	57,6	9,1	-	-	-
5	31,	68,4	-	-	-	-
10	51,6	38,7	6,5	3,2	-	-
20	50,8	34,5	9,8	4,9	-	-
30	35,3	36,2	16,7	6,9	2,9	2,0
40	28,4	38,4	22,1	9,9	1,2	-
50	25,9	25,9	37,9	6,9	3,4	-
60	4,7	48,7	17,2	20,3	9,4	4,7
70	-	37,2	31,5	17,0	10,0	4,3
80	-	15,8	42,2	28,9	10,5	2,6
90	-	-	32,0	35,6	28,8	3,6
Всего	21,8	35,9	23,7	12,2	4,8	1,6
По частоте аберрантных клеток						
Н	10,5	34,7	35,8	13,7	4,2	1,1
1	33,3	57,6	9,1	-	-	-
5	31,6	68,4	-	-	-	-
10	51,6	38,7	6,5	3,2	-	-
20	50,8	34,5	9,8	4,9	-	-
30	35,3	36,2	16,7	6,9	2,9	2,0
40	28,4	38,4	22,1	9,9	1,2	-
50	26,0	27,4	36,3	6,9	3,4	-
60	4,7	45,3	18,7	20,3	6,3	4,7
70	-	38,5	32,8	15,7	10,0	3,0
80	-	18,4	42,1	31,6	5,3	2,6
90	-	3,6	35,7	35,7	21,4	3,6
Всего	21,8	35,9	24,0	12,2	3,9	1,5

Возрастные изменения частоты aberrаций и aberrантных клеток одинаковы у лиц до 50 лет включительно, так как каждая aberrантная клетка у них содержит только одну aberrацию. Начиная, с 50-летнего возраста частота aberrаций на одну aberrантную клетку неуклонно возрастает. Увеличение частоты aberrантных клеток, содержащих более чем одну aberrацию, у лиц старше 40 лет коррелирует с возрастом ($r=0,94$; $P<0,05$). В этом возрастном периоде частота aberrантных клеток увеличивается несколько меньше, чем частота aberrаций. Максимальная разница между частотой aberrантных клеток и aberrациями наблюдается в группе 90 лет, достигая 6% общего числа. Поэтому у обследованных лиц до 50-летнего возраста частота хромосомных aberrаций на одну aberrантную клетку не превышает 1,000. В старших возрастных группах это соотношение возрастает до 1,062, составляя в среднем 1,039.

Спектр aberrаций хромосом был следующим: среди обнаруженных aberrаций около 95,0% составили ацентрические фрагменты (одиночные и парные), около 5,0% -обменные aberrации. При анализе типов хромосомных aberrаций в клетках доля одиночных фрагментов и хроматидных транслокаций (aberrации хроматидного типа) составила 61,6% от общего числа, а остальные относились к aberrациям хромосомного типа. Распределение исследованных культур по частоте клеток с хромосомными aberrациями оказалось следующим: 21,8% изученных культур были без aberrаций, 35,9% имели по одной aberrантной метафазе и одной хромосомной aberrации, 23,7% - по две, 12,2% - по три, 4,8% - по четыре, 1,6% - по пять соответственно (табл. 5).

Выявленные качественные особенности возрастных изменений частоты хромосомных нарушений позволяют выделить три возрастные периода. К первому периоду следует отнести период новорожденности, когда частота хромосомных aberrаций выше, чем во втором (возрастные группы от 1 года до 24 лет). Он характеризуется относительно постоянной частотой хромосомных aberrаций. Действительно, в этот период средняя частота хромосомных aberrаций изменяется в пределах от 1,62% до 1,76%, составляя в среднем 1,69%. Средняя частота хромосомных aberrаций во втором периоде на 1,0% ниже, чем в первом ($t=8,17$; $P<0,01$).

Исходя, из изменений средней частоты хромосомных aberrаций в возрастных группах, за начало третьего периода следует принять, возрастную группу в 30 лет. Здесь средняя частота хромосомных изменений существенно выше, чем в возрастной группе 20-летних ($t = 4,08$; $P<0,01$). Начиная, с 25-34-летнего возраста частота хромосомных aberrаций неуклонно увеличивается, достигая максимальных значений к 90-100 годам.

Средняя частота хромосомных aberrаций в третьем периоде равна 1,68%, отличаясь на 0,99% от средней частоты aberrаций второго периода ($t = 8,16$; $P< 0,01$). Возрастные изменения частоты aberrантных клеток по приведенным выше причинам могут быть разделены на те же три возрастных периода. Распределение всех обследуемых лиц по частоте хромосомных aberrаций и aberrантных клеток следует признать не противоречащим распределению Пуассона ($\chi^2 = 2,65$ и 0,60 соответственно). Выделенные возрастные периоды отличаются по распределению обследованных лиц, по частоте хромосомных aberrаций. Так, если в первом периоде частота aberrаций превышала 1% у 55% новорожденных, то во втором периоде только у 11% обследованных. В третьем периоде число лиц, имеющих более 1% aberrаций, вновь возрастает до 5%.

Таблица 6

Распределение обследованных лиц (в % к числу aberrаций) в возрастных периодах по числу хромосомных aberrаций

Возрастной период	Число aberrаций					
	0	1	2	3	4	5
Первый	10,5	34,7	35,8	13,7	4,2	1,1
Второй	44,2	44,8	7,6	3,4	-	-
Третий	17,5	32,6	26,1	14,5	7,0	2,3
Всего*	21,8	35,9	23,7	12,2	4,8	1,6

* % от общего числа за три периода.

Соответствующий анализ по критерию согласия Пирсона подтвердил различия в распределении обследованных лиц между первым и вторым, вторым и третьим периодами (табл.7).

Сравнение распределения обследованных в отдельных возрастных периодах позволяет подтвердить обоснованность выделения этих периодов. Действительно, распределение новорожденных и детей в

возрасте 1 года по частоте хромосомных aberrаций оказалось различным. Как уже отмечалось, у 55% новорожденных их частота превышала 1%, в то время как такой же уровень частоты aberrаций наблюдался всего у 9% годовалых детей ($t = 3,05$; $P < 0,05$). Также можно отметить различие в распределении среди обследованных лиц и на границе второго и третьего периодов. В возрастной группе 20-летних частота изменений превышала 1% у 15% лиц, а в группе 30-летних - у 29% ($t = 2,1$; $P < 0,05$).

Наконец, увеличение частоты aberrаций в течение всего третьего периода сопровождается изменением ее распределения. Крайние в третьем периоде возрастные группы в 30 и 90 лет различаются по распределению обследованных лиц.

Так, если в группе 30 лет у 72% обследованных было $< 2\%$ aberrаций, в группе 90 лет все обследованные имели $> 2\%$ aberrаций ($t = 9,43$; $P < 0,01$).

Таким образом, сравнение распределения обследованных лиц по частоте хромосомных aberrаций в отдельных возрастных группах подтверждает обоснованность выделения трех возрастных периодов.

Таблица 7

Различия в распределении обследованных лиц по спонтанной частоте хромосомных aberrаций и aberrантных клеток

Сравниваемые возрастные периоды	Различия в распределении по критерию согласия Пирсона					
	По частоте хромосомных aberrаций			По частоте aberrантных клеток		
	t	t p=0,05	t p=0,01	t	t p=0,05	t p=0,01
II-I	24,3	9,49	13,3	24,3	9,49	13,3
10-20/30-40	13,3	7,81	11,3	13,4	7,81	11,3
30-90	42,8	3,84	6,6	14,4	9,49	13,3
I-II	65,6	7,81	11,3	65,6	7,81	11,3
II-III	54,5	9,49	13,3	52,6	9,49	13,3

Различия между возрастными периодами отражаются в направленности и величине прироста частоты хромосомных aberrаций (табл.8).

Наибольший прирост их частоты наблюдается в третьем периоде - на 2,4%. В первом периоде он был в 2,5 раза меньшим и направлен в сторону снижения их частоты. Во втором периоде изменения были минимальными: в 13-34 раза меньшими, чем в первом и третьем периодах. Такая же зависимость имеет место и в отношении прироста числа aberrантных клеток. Однако сравнение возрастных периодов по среднему темпу прироста частоты хромосомных aberrаций за 1 год позволяет признать, что наиболее высокий темп их изменений был в первом периоде: в 550 раз выше, чем во втором, и в 26 раз больше, чем в третьем.

Этот факт связан с малой продолжительностью первого периода и выраженной разницей в частоте хромосомных aberrаций у новорожденных и годовалых детей. Такие же соотношения характерны и для среднего годового темпа прироста частоты aberrантных клеток. Следовательно, интенсивность изменений частоты хромосомных aberrаций и aberrантных клеток наиболее высока в первом возрастном периоде, значительно меньше - в третьем и крайне низка - во втором.

Таблица 8

Прирост частоты хромосомных aberrаций и aberrантных клеток в разные возрастные периоды

Возрастной период	Абсолютный прирост частоты, %		Средний темп прироста за 1 год, %	
	aberrаций	Аберрантные клетки	aberrаций	Аберрантные клетки
I	-0,93	-0,93	-55,0	-55,0
II	-0,07	-0,07	-0,1	-0,1
III	+2,35	+2,17	+2,1	+2,0

Анализ динамики спонтанной частоты хромосомных aberrаций позволил выделить три возрастных периода в разрезе KB. Первый - период новорожденности, для которого характерен высокий уровень частоты хромосомных aberrаций. Ко второму отнесены лица в возрасте от 1 до 20 лет, имеющие наиболее низкую их частоту. В третий вошли лица старше 30 лет, когда с увеличением возраста постепенно возрастает частота хромосомных aberrаций, при чем в старших возрастных группах за счет

межиндивидуальных особенностей, разброс показателей частоты хромосомных aberrаций находился в широких пределах 1,2±0,5%.

Таким образом, изложенное позволяет признать, что наиболее низкий уровень спонтанной частоты хромосомных aberrаций у детей и у людей зрелого возраста является отражением развитости адаптационных возможностей организма и, в первую очередь, определяется высокой эффективностью восстановительных процессов в этом возрастном периоде. В то время как восстановительные процессы у людей старше 30-40 лет их эффективность начинает уже постепенно снижаться, достигая максимума в старших возрастных группах. Вероятно, в этом заключается причина более высокого уровня у них спонтанной частоты цитогенетических нарушений. У новорожденных высокую частоту хромосомных нарушений можно связать, во-первых, тесной связью мать-плод, не исключено что, мутационный груз в одинаковой мере распределяется на мать и на плод, во-вторых, адаптационные механизмы у плода еще не развиты в достаточной степени, находясь под контролем материнского организма. На наш взгляд, новорожденные, являются идеальной эколого-генетической моделью в изучении механизмов адаптивных модификаций играющих важную роль в экологических отношениях.

Связи с выше изложенным, представляет интерес сопоставить данные по спонтанной частоте хромосомных aberrаций как в календарном так и биологическом времени. За единицу биологического времени взят показатель БВ-ДБВ=0 (популяционный стандарт). Он наиболее близко нас приближает к среднему популяционному КВ, когда адаптационные возможности организма находятся в периоде долгосрочной адаптации и реадaptации (адаптационный контроль).

Как видно из табл.9, биологический возраст не определялся в первых четырех возрастных группах из-за особенностей методологического подхода в изучении процессов старения по вполне понятным причинам. Методика определения БВ рассчитана на изучение темпов падения жизнеспособности начиная с 20 лет, когда могут проявляться первые признаки старения организма.

Если динамика спонтанной частоты хромосомных aberrаций в зависимости от календарного возраста аппроксимируется полиномом четвертой степени, то в зависимости от БВ=ДБВ она приближается к линейной зависимости. Так, начиная в среднем с 20 лет и до 70 летнего рубежа, спонтанная частота хромосомных aberrаций по критериям БВ каждые 10 лет возрастет от 0,3% - 0,1%, а в группе 80-100 лет на 0,01% соответственно. Выявленные особенности в приросте частоты хромосомных aberrаций в старших возрастных группах при КВ и БВ=ДБВ позволяют выделить четвертый возрастной период, где наиболее выражены межиндивидуальные особенности адаптационных возможностей организма на цитогенетическом уровне.

В существующих методических рекомендациях по отбору лиц в группы для изучения спонтанной частоты хромосомных aberrаций учитываются в основном мутагенные факторы, которые, по существующим понятиям, могут повлиять на их уровень.

Однако, как было показано ранее, БВ также вносит поправку на спонтанный уровень цитогенетических изменений в лимфоцитах периферической крови человека. С этой целью нами проведено исследование по изучению влияния БВ на выход aberrаций хромосом при различных темпах старения. Данные представлены в таблице 10.

Как видно из таблицы 10, частота хромосомных aberrаций и aberrантных клеток при различных темпах падения адаптационных возможностей организма в группах возрастает и приближается к линейной зависимости. Максимальный индивидуальный разброс показателей частоты в группе 25-34 составляет 0,47%; в группе 35-44 - 0,34%; 45-54 - 0,24%; 55-64 - 0,71%; 65-74 - 1,01%; 75-84 - 1,02%; 85-100 - 1,1% соответственно.

Таблица 9

Возрастная динамика спонтанной частоты хромосомных aberrаций (%) в лимфоцитах периферической крови человека в зависимости от календарного и биологического возраста (БВ=ДБВ - популяционный стандарт)

Возраст, годы	Кол-во лиц	Число aberrаций и aberrантных клеток на 100 метафаз			
		Хромосомные aberrации (КВ)	Аберрантные клетки (КВ)	Хромосомные aberrации (БВ=ДБВ)	Аберрантные клетки (БВ=ДБВ)
Н	95	1,69	1,69	-	-
1	33	0,76	0,76	-	-
4-6	19	0,68	0,68	-	-
7-14	31	0,62	0,62	-	-
15-24	105	0,69	0,69	0,68	0,68
25-34	149	1,13	1,13	0,98	1
35-44	127	1,17	1,17	1,2	1,2

45-54	154	1,37	1,34	1,56	1,56
55-64	132	1,99	1,92	1,76	1,78
65-74	108	2,13	2,06	2,08	2,08
75-84	64	2,44	2,32	2,19	2,19
85-100	45	3,04	2,86	2,2	2,2

Индивидуумы могут быть и моложе на 20 лет по критериям БВ, тогда разброс индивидуальных показателей имеет противоположную направленность. Если в молодом возрасте спонтанные мутации характеризуется стабильностью, то в старших возрастных группах адаптивные модификации приобретают выраженный характер в результате взаимовлияния генетических процессов и экологических отношений. Изучение зависимости спонтанной частоты хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови человека от календарного и биологического возраста позволило выделить возрастные периоды адаптационных возможностей организма на уровне цитогенетических эффектов. Проведенный генетический анализ спонтанной частоты хромосомных aberrаций в разрезе КВ и БВ выявил особенности в их распределении.

Таблица 10

Динамика частоты хромосомных aberrаций (%) в лимфоцитах периферической крови человека в зависимости от биологического возраста

Возраст, годы	Число aberrаций и aberrантных клеток на 100 метафаз							
	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	75-84	85-100
БВ-ДБВ=0 (хромосомные aberrации)	0,68	0,98	1,2	1,56	1,76	2,08	2,19	2,2
БВ-ДБВ=0 (aberrантные клетки)	0,68	1	1,2	1,56	1,78	2,08	2,19	2,2
БВ-ДБВ<10лет (хромосомные aberrации)	-	1,45	1,56	1,8	2,34	2,51	2,53	2,59
БВ-ДБВ<10лет (aberrантные клетки)	-	1,45	1,56	1,8	2,34	2,51	2,53	2,59
БВ-ДБВ<20лет (хромосомные aberrации)	-	-	-	-	2,47	3,09	3,21	3,3
БВ-ДБВ<20лет (aberrантные клетки)	-	-	-	-	2,47	3,09	3,21	3,3

Так регрессионная зависимость от КВ частоты хромосомных aberrаций аппроксимируется полиномом 4-й степени, тогда как от БВ она близка к линейной. Это свидетельствует о том, что мутации в зависимости от КВ возникшие, казалось бы, без каких-либо внешних причин (спонтанные), на самом деле являются индуцированными, возникшие под действием комплекса экзо/эндогенных факторов слабой интенсивности, наши знания о которых на современном этапе могут отсутствовать. Результаты полученные с учетом БВ, отображая адаптационные возможности организма во взаимосвязи с КВ, выявили линейную зависимость биологический возраст - цитогенетический эффект.

Таким образом, выявленные особенности в уровнях спонтанной частоты хромосомных aberrаций и её распределении в зависимости от КВ и БВ в различных возрастных группах могут быть использованы для экогигиенических целей, в оценке влияния различных экзо и эндогенных факторов, отрицательно влияющих на состояние здоровья и продолжительность жизни. Это открывает возможность провести классификацию спонтанной генотипической клеточной адаптации по уровню и спектру цитогенетических нарушений в клетках соматических тканей (лимфоцитов периферической крови человека). Изучение зависимости спонтанной частоты хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови человека от календарного и биологического возраста позволило выделить четыре периода генотипической клеточной адаптации - от новорожденности до 100 лет: I - период новорожденности, II - период развития и становления адаптационных возможностей организма, III - период стабильной адаптации и реадaptации, IV

- период падения адаптационных возможностей организма. Которые отличаются между собой по показателям средней частоты хромосомных aberrаций и aberrантных клеток, их распределению и спектру. Предложена гипотеза, которая позволяет рассматривать цитогенетические эффекты в лимфоцитах периферической крови человека, как показатели адаптационных возможностей организма в разном календарном и биологическом возрасте, которая, несомненно, представляет интерес в оценки генотоксических эффектов факторов окружающей среды.