

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Елена Васильевна АГБАЛЯН¹

Елена Владимировна ШИНКАРУК²

УДК 614.7: 575:576.3

ПОКАЗАТЕЛИ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ, ПРОЛИФЕРАЦИИ И АПОПТОЗА У ЖИТЕЛЕЙ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЙОНАХ С РАЗНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

¹ доктор биологических наук,
главный научный сотрудник сектора
экологических исследований ГКУ ЯНАО
«Научный центр изучения Арктики»
agbelena@yandex.ru

² младший научный сотрудник сектора
экологических исследований ГКУ ЯНАО
«Научный центр изучения Арктики»
elena1608197@yandex.ru

Аннотация

Химическое загрязнение окружающей среды представляет угрозу уязвимым арктическим экосистемам и здоровью населения. Загрязняющие вещества способны

Цитирование: Агбалян Е. В. Показатели цитогенетического действия, пролиферации и апоптоза у жителей Ямало-Ненецкого автономного округа, проживающих в районах с разной техногенной нагрузкой / Е. В. Агбалян, Е. В. Шинкарук // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Том 2. № 3. С. 106-120. DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-3-106-120

к биоаккумуляции в организме человека с последующим нарушением гомеостаза, повреждением метаболических, иммунных и генетических механизмов. Проведено цитогенетическое исследование среди населения Ямало-Ненецкого автономного округа, проживающего на территориях с различным уровнем техногенного воздействия на природные среды. Материалом для исследования послужили препараты эксфолиативных клеток буккального эпителия жителей сел Антипаюта (Тазовский район) и Ныда (Надымский район), которые подвергались микроскопированию и анализу. Результаты исследования выявили значимые различия изучаемых цитогенетических показателей в сравниваемых выборках: частота клеток с микроядрами, апоптический индекс поздних стадий деструкции ядра, индекс накопления цитогенетических нарушений. Показаны выраженные нарушения клеточного гомеостаза у жителей села Ныда за счет снижения активности процессов апоптоза. Полученные в работе данные свидетельствуют о перспективном использовании цитогенетических маркеров для оценки воздействия неблагоприятных факторов среды на организм человека.

Ключевые слова

Цитогенетические показатели, буккальный эпителий, техногенная нагрузка, население ЯНАО, индекс накопления цитогенетических нарушений.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-3-106-120

Введение

Интенсивное промышленное освоение природных ресурсов Ямало-Ненецкого автономного округа ведет к значительной техногенной нагрузке на окружающую среду. Локально накопленные значительные количества опасных отходов, региональные и местные источники токсических веществ, глобальный перенос опасных загрязнителей с атмосферными, морскими и речными потоками представляют угрозу уязвимой арктической природной среде [2, 5, 13].

К факторам негативного воздействия относятся загрязнения атмосферного воздуха выбросами попутного нефтяного газа, поверхностных и подземных вод нефтепродуктами, нарушение и загрязнение почвенного покрова строительными и шламовыми отходами, отработавшими изделиями из металла, технологическими и аварийными сбросами, химическими реагентами и буровыми растворами. Загрязнению подвергаются все объекты окружающей среды. Негативные экологические последствия выражаются в гибели и повреждении растительного покрова, в снижении численности и видового разнообразия растений и животных [5, 10].

Между муниципальными образованиями Ямало-Ненецкого автономного округа существуют пространственные различия в масштабах воздействия на окружающую среду, в состоянии водных и наземных экосистем, которые связаны с территориальной дифференциацией хозяйственной деятельности и степенью освоения месторождений углеводородов (табл. 1). Суммарный индекс экологической нагрузки на природные среды на территории Надымского и Пуровского районов значителен и приравнен к критическому уровню [1].

Таблица 1

Показатели антропогенной нагрузки на атмосферу в ЯНАО

Table 1

The indicators of anthropogenic load on the atmosphere in YNAO

№ п/п	МО	1	2	3	Ранг	4	Ранг	5	Ранг
	ЯНАО	397	42 876	885 876	-	41 150	-	2 131	-
1	Красноселькупский	20	1 172	69 288	11	5 803	12	286	11
2	Надымский	52	13 555	276 558	12	2 565	11	134	7
3	Пуровский	99	16 430	483 629	13	29 113	13	429	12
4	Тазовский	17	4 737	20 093	10	43	3	51	5
5	Шурышкарский	11	141	3 080	6	587	8	461	12
6	Ямальский	9	257	3 927	8	45	4	81	6
7	Приуральский	18	295	2 524	4	912	9	204	9

Примечание: 1 — количество организаций, имеющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, всего; 2 — количество источников выбросов загрязняющих веществ, всего; 3 — выброшено загрязняющих веществ в атмосферу (т), всего; 4 — выброшено в атмосферу твердых веществ (т); 5 — выброшено в атмосферу диоксида серы (т)

NB: 1 — the number of organizations that emit pollutants into the atmosphere, in total; 2 — the number of sources of emissions, in total; 3 — emitted pollutants into the atmosphere (tons), in total; 4 — emitted into the atmosphere solids (tons); 5 — sulfur dioxide emitted into the atmosphere (tons)

Большая часть Тазовского района расположена на территории Гыданского полуострова, основные месторождения которого будут вовлечены в экономический оборот в перспективе.

Химические загрязняющие вещества способны к биоаккумуляции — накоплению в организме человека, причем возможно не только суммирование, но и потенцирование биологических эффектов, в основе которых выступает нарушение гомеостаза и повреждение системы метаболических, иммунных и генетических механизмов [5]. Большинство ксенобиотиков способны трансформироваться в продукты и более опасные соединения, чем исходные — процесс метаболической активации или летального синтеза. В результате образуются электрофильные продукты, свободные радикалы, которые, обладая высокой реакционной способностью, могут вызывать отдаленные последствия в результате сенсбилизации, нарушений мембран, наследственной информации и пролиферативных клеточных процессов [3].

Система обеспечения химической безопасности населения основана на соблюдении гигиенических ПДК веществ, которые, однако, не учитывают возможности одновременного поступления в организм многих химических веществ. Ряд гигиенических нормативов нуждается в корректировке из-за высоких зна-

чений потенциального канцерогенного риска на уровне ПДК. Так, значительное число нормативов в воде, установленных по органолептическому или общесанитарному показателю вредности (67% веществ), не отражает прямые токсические эффекты на здоровье (Руководство по оценке риска..., 2004, п. 4.6.7).

В настоящее время цитогенетические методы широко используются для оценки генотоксических эффектов химических факторов окружающей среды [11, 15, 16]. Маркерами патологических процессов в организме человека являются клетки с микроядрами и протрузиями, образование которых свидетельствует о повреждении хромосом и о нарушении стабильности генома.

Интерес представляет оценка особенностей показателей цитогенетического действия, интенсивности пролиферативных процессов и апоптоза в зависимости от качества среды обитания и уровня техногенной нагрузки. Изучение чувствительности коренного и пришлого населения к генотоксическим факторам среды на основании показателей клеточной кинетики имеет прогностическую значимость. Цель исследования — оценить уровень цитогенетических нарушений, показателей пролиферации и апоптоза населения ЯНАО в зависимости от техногенной нагрузки на окружающую среду.

Материал и методы исследования

Цитогенетическое исследование проводилось в селах Ямало-Ненецкого автономного округа, различающихся по степени техногенного загрязнения. Ныда — национальное село Надымского района, расположенное на побережье Обской губы в субарктической тундровой зоне. В селе проживают более 2 тыс. чел., половина из них — представители коренных малочисленных народов Севера. Юго-западнее находится крупнейшее Медвежье газовое месторождение, которое разрабатывается с 1972 г., а в 25 км северо-восточнее села осуществлялась промышленная эксплуатация Сандибинского нефтяного месторождения. Село Ныда расположено на Лензитском лицензионном участке, на котором начаты работы по освоению нефтяного месторождения. Наибольшую опасность для окружающей среды представляют загрязнения сырой нефтью и продуктами ее трансформации в результате выбросов и разливов, а также выбросы в атмосферу загрязняющих веществ.

Антипаюта — национальное село Тазовского района, расположенное на правом берегу реки Паюта в месте ее слияния с Тазовской губой. Численность населения села составляет около 3 тыс. чел., из них более 2 тыс. — из числа коренных малочисленных народов Севера. В 1980 г. рядом с селом было открыто газоконденсатное месторождение «Антипаютинское», освоение которого планируется начать в 2016 г. Ближайшие месторождения углеводородов расположены на противоположном берегу Тазовской губы: Семаковское газовое месторождение в 40 км в сторону юго-запада, Тота-Яхинское газовое месторождение в 30 км к северо-западу и Ямбургское нефтегазоконденсатное месторождение к югу на расстоянии 100 км. Экологическая ситуация в селе в настоящее время удовлетворительная.

Всего обследовано 117 жителей сел Ныда и Антипаюта в возрасте 20-59 лет (табл. 2). Доля коренного малочисленного населения в общей выборке составила 58,1%, остальные 41,9% — из числа мигрантов. В селе Ныда выборка составила 67 чел., из них 19 мужчин (28,4%) и 48 женщин (71,6%). Выборка в селе Антипаюта составила 50 чел., из них 28 мужчин (56%) и 22 женщины (44%). Пришлое население представлено русскими, украинцами, татарами и др. Коренные жители — ненцы. Среди обследованных не было работников нефтедобывающей отрасли, все являлись постоянными жителями сел. В исследование не включены лица, перенесшие вирусные инфекции в период трех месяцев до сбора материала. Все обследованные заполнили бланк информированного согласия на проведение кариологического исследования.

Материал для цитогенетического исследования представлял собой мазки буккального эпителия на предметных стеклах. Препараты эксфолиативных клеток буккального эпителия были подготовлены в соответствии с методическими рекомендациями [4]. Окраска клеток осуществлялась 2,5% раствором ацетоорсеина при 37°C в течение 1 ч., цитоплазму докрашивали 1% раствором светлого зеленого. От каждого индивида анализировали по 1000 клеток в соответствии с классификацией и критериями по [12]. Всего проанализировано 117 000 клеток. Анализ препаратов проводили на микроскопе Nikon Eclipse E100.

Рассчитывались интегральные показатели и индексы: интегральный показатель цитогенетических нарушений — cytogenetic index (I_c), интегральный показатель

Таблица 2

Общая характеристика выборки из числа жителей села Антипаюта Тазовского района и села Ныда Надымского района

Table 2

The general characteristics of the sample from among the villagers of Antipayuta in the Taz district and the Nyda village in the Nadym region

Село	Стат.	Коренное население			Пришлое население			Всего		
		муж	жен	Σ	муж	жен	Σ	муж	жен	Σ
Антипаюта	Абс. ч.	16	12	28	13	9	22	28	22	50
	%	57,1	42,9	56	59,1	40,9	44	56	44	100
Возраст	M \pm SD	29,6 \pm 8,4			36,8 \pm 11,5			32,8 \pm 10,7		
Ныда	Абс. ч.	8	32	40	11	16	27	19	48	67
	%	20	80	59,7	40,7	59,3	40,3	28,4	71,6	100
Возраст	M \pm SD	45,1 \pm 15,5			51,1 \pm 11,0			47,6 \pm 14,1		
Всего	Абс. ч.	24	44	68	24	25	49	47	70	117
	%	35,3	64,7	58,1	49,0	51,0	41,9	40,2	59,8	100
Возраст	M \pm SD	37,4 \pm 11,9			43,9 \pm 11,3			40,2 \pm 12,4		

пролиферации — index of proliferation (I_p), апоптотический индекс — apoptotic index ($I_{ароп}$), индекс накопления цитогенетических нарушений — index of accumulation of cytogenetic damage (I_{ac}) [11].

Интегральный показатель цитогенетических нарушений определялся как сумма клеток с микроядрами, ядерными протрузиями и межъядерными мостами в промилле. Интегральный показатель пролиферации определялся как сумма клеток с двумя и более ядрами в промилле. Апоптотический индекс рассчитывался как сумма клеток с кариопикнозом, кариорексисом и кариолизисом.

Индекс накопления цитогенетических повреждений определялся по формуле:

$$I_{ac} = (I_c \times I_p / I_{ароп}) \times 100,$$

где I_c — интегральный показатель цитогенетических нарушений;

I_p — интегральный показатель пролиферации;

$I_{ароп}$ — апоптотический индекс.

Индекс накопления цитогенетических повреждений расценивался как низкий при уровне менее или равно 2 и свидетельствовал об отсутствии превышения ориентировочных нормативных уровней исследованных показателей. Умеренный индекс накопления цитогенетических повреждений определялся при уровне индекса от 2 до 4 и соответствовал допустимому уровню цитогенетического стресса, при котором имеет место превышение показателей деструкции ядра и/или пролиферации. Высокий индекс указывал на превышение ориентировочно нормативного уровня по цитогенетическим и другим показателям и равен или более 4. Обследованные жители с высоким уровнем цитогенетического стресса составляли группу риска.

Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica v.8.0 и включал описание средних значений (M) и стандартных отклонений (SD), t — критерий Стьюдента, Манна-Уитни. При уровне $p < 0,05$ различия оценивались как статистически значимые.

Результаты и обсуждение

Основным общепринятым показателем цитогенетического действия факторов среды является частота клеток с микроядрами [6, 9, 16]. Средняя частота клеток с микроядрами в общей выборке жителей села Антипаюта составляла $0,02 \pm 0,14\%$, частота клеток с микроядрами варьировала от 0 до 1% (рис. 1). Средняя частота клеток с микроядрами в общей выборке жителей села Ныда составляла $0,31 \pm 0,58\%$, частота клеток с микроядрами варьировала от 0 до 2% . Частота клеток с протрузиями выше у жителей села Антипаюта по сравнению с аналогичным показателем у населения Ныды ($p < 0,01$).

В выборке коренных жителей села Антипаюта у $3,6\%$ обследованных лиц сумма клеток с микроядрами и протрузиями составляла 3% , тогда как доля лиц с аналогичным индексом цитогенетического действия среди пришлого населения села Антипаюта была равна $13,6\%$ (рис. 2). Все обследованные жители имели клетки с протрузиями. В $14,3\%$ случаев у коренных жителей и в $18,2\%$ у пришлых выявлялись клетки с ядрами атипичной формы.

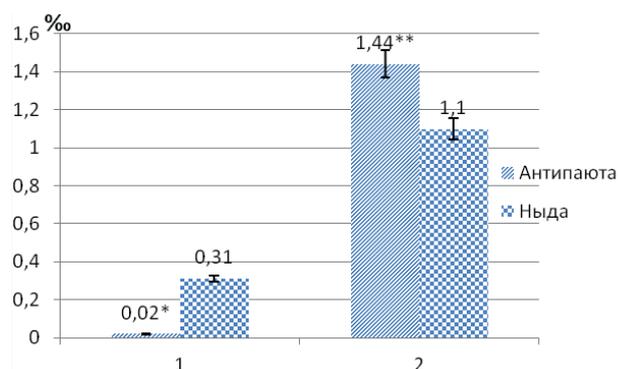


Рис. 1. Цитогенетические показатели для населения сел Антипаюта и Ныда
Примечание: 1 — частота клеток с микро-ядрами, ‰; 2 — частота клеток с про-трузиями, ‰; * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$

Fig. 1. Cytogenetic indicators for the population of villages of Antipayuta and Nyda
NB: 1 — the frequency of cells with micronuclei, ‰; 2 — frequency of cells with protrusions, ‰; * — $p < 0.05$, ** — $p < 0.01$

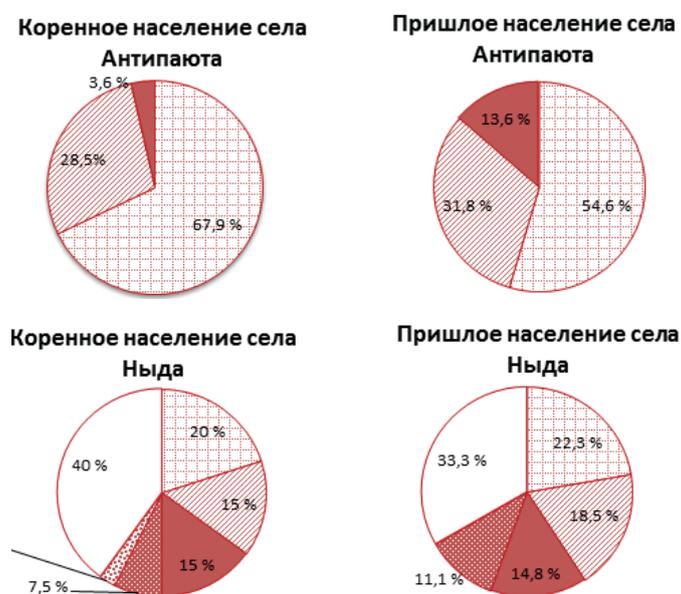


Рис. 2. Распределение обследованного населения, проживающего в селлах Антипаюта и Ныда, в зависимости от интегрального показателя цитогенетического действия (I_c)
Примечание: □ — доля лиц с $I_c = 0$; ▨ — доля лиц с $I_c = 1$; ▩ — доля лиц с $I_c = 2$; ■ — доля лиц с $I_c = 3$; ▤ — доля лиц с $I_c = 4$; ▥ — доля лиц с $I_c = 5$

Fig. 2. The distribution of the surveyed population living in the villages Antipayuta and Nyda according to the integral index of cytogenetic action (I_c) dependency
NB: □ — the share of people with $I_c = 0$; ▨ — the share of people with $I_c = 1$; ▩ — the share of people with $I_c = 2$; ■ — the share of people with $I_c = 3$; ▤ — the share of people with $I_c = 4$; ▥ — the share of persons with $I_c = 5$

Среди обследованного населения села Ныда индекс цитогенетического действия у коренных и пришлых жителей различался незначительно. У каждого четвертого жителя села Ныда он был более 3%. 40% обследованных коренных и 33,3% из числа обследованных пришлых жителей села не имели цитогенетических нарушений.

Доля обследованных лиц с индексом цитогенетического действия, равняющимся 4 и более, составляла 10,0% для коренного и 11,1% для пришлого населения села Ныда. Для коренных жителей села Антипаюта среднее значение частоты клеток с микроядрами равняется $0,04 \pm 0,18\%$, для коренных жителей села Ныда аналогичный показатель в десять раз выше — $0,40 \pm 0,66\%$ ($t=3,3$, $p<0,01$). Анализ частоты клеток с микроядрами в зависимости от этнической принадлежности и пола показал, что микроядра с наибольшей частотой обнаруживались в группе коренных женщин села Ныда ($0,41 \pm 0,65\%$, $t=3,5$, $p<0,01$). Наибольшая частота клеток с протрузиями отмечалась у пришлых мужчин села Антипаюта ($1,77 \pm 0,77\%$).

Интегральный показатель пролиферации эпителиальных клеток для населения села Ныда равен $3,04 \pm 0,25\%$, пределы варьирования составляют от 0% до 10% (рис. 3). Интенсивность пролиферативных процессов выше у пришлого населения села в сравнении с коренными жителями ($3,07 \pm 0,25\%$ против $2,63 \pm 0,29\%$, $p<0,05$). Различия обусловлены высокой частотой встречаемости клеток с двумя и более ядрами у пришлых жителей. Такие клетки в два раза чаще выявлялись у последних по сравнению с коренным населением села ($1,56 \pm 0,22\%$ против $0,7 \pm 0,9\%$, $p<0,001$).

Пролиферативная активность эпителиоцитов повышена у пришлых мужчин. Статистически значимые гендерные различия показаны в группе обследованных «пришлом населении» по частоте клеток с двумя ядрами и более ($2,27 \pm 0,92\%$ против $1,06 \pm 0,94\%$, $p<0,01$), частоте клеток со сдвоенными ядрами ($3,0 \pm 1,73\%$ против $1,50 \pm 1,33$, $p<0,05$), интегральному показателю пролиферации ($5,27 \pm 1,33\%$ против $2,56 \pm 1,14\%$, $p<0,001$).

Интегральный показатель пролиферации эпителиоцитов для населения села Антипаюта равен $2,74 \pm 1,15\%$, пределы варьирования составляют от 1% до 3%. Интенсивность клеточного обновления у обследованного коренного и пришлого населения села на уровне средних показателей не имеет различий ($2,64 \pm 1,27\%$ против $2,86 \pm 0,92\%$, $p>0,05$). Не выявлено гендерных различий по изучаемым показателям пролиферации.

Характеристика индекса пролиферации в зависимости от этнической принадлежности и пола выявила высокие показатели у пришлых мужчин села Ныда, превышающие таковые среди пришлых и коренных мужчин и женщин, проживающих в селе Антипаюте. Местное токсическое действие какого-либо фактора может характеризоваться частотой выявления клеток с повреждением ядерной мембраны (кариолеммы) [11]. Встречаемость клеток с повреждением ядерной оболочки у коренных мужчин села Антипаюта максимальна и почти в три раза выше, чем у коренных женщин этого села

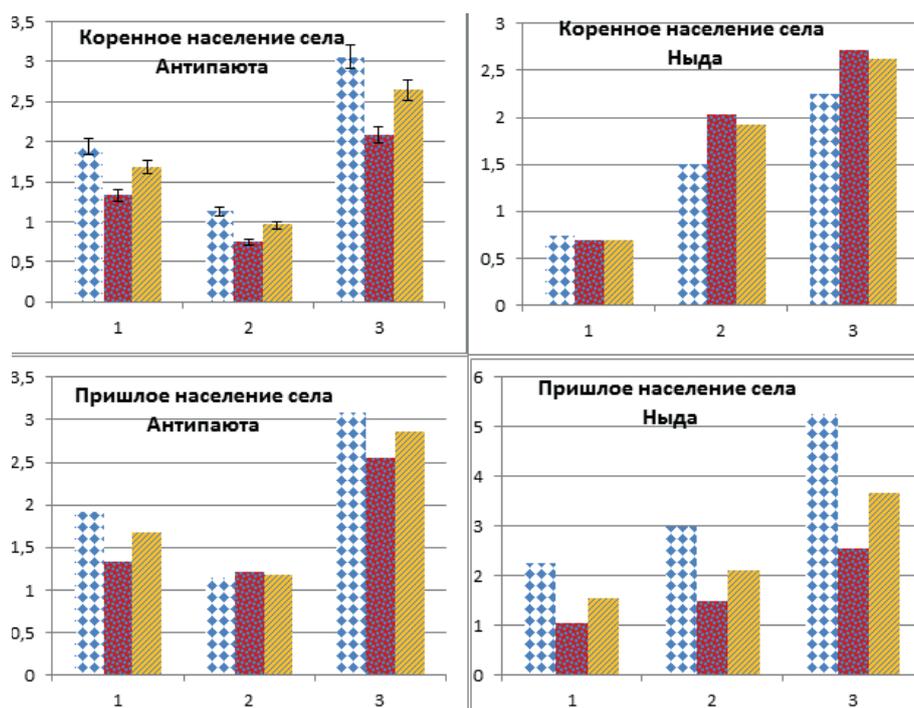


Рис. 3. Показатели пролиферации буккальных эпителиоцитов у жителей сел Антипаюта и Ныда (в %) Примечание: 1 — частота клеток с двумя и более ядрами, %; 2 — частота клеток со сдвоенными ядрами, %, 3 — индекс пролиферации, %, — мужчины, — женщины, — все обследованные

Fig. 3. The indicators of buccal epithelial cells proliferation among the villagers of Antipayuta and Nyda (%) NB: 1 — cell frequency with two or more cores, %; 2 — frequency of cells with double nuclei, %, 3 — proliferation index, %; — men; — women; — everybody surveyed

($2,69 \pm 3,08\%$ против $0,92 \pm 1,49\%$, $p < 0,05$), а также в два раза выше, чем у коренных мужчин села Ныда ($2,69 \pm 3,08\%$ против $1,25 \pm 0,90\%$, $p > 0,05$). Признаком некроза клеток является повышенная частота образования перенуклеарных вакуолей, которые наблюдаются при болезнях накопления, воспаления, при действии химических веществ и радиации [6]. Гендерных и этнических различий, а также различий в зависимости от района проживания не выявлено.

Оценка состояния апоптоза свидетельствует о более высоких показателях кариопикноза, кариорексиса и кариолизиса у населения села Антипаюта, чем у обследованных жителей села Ныда. Процесс программируемой гибели клеток эпителия у коренных мужчин села Антипаюта протекает интенсивнее, чем в группах сравнения. У пришлых жителей села Ныда гендерных различий в выраженности стадий апоптоза не выявлено, тогда как у пришлых мужчин

села Антипаюта частота клеток с кариопикнозом более чем в два раза превышает аналогичный показатель для пришлых женщин этого села.

Апоптический индекс достоверно выше у жителей села Антипаюта и равен $73,66 \pm 5,11\%$ против $20,99 \pm 1,26\%$ в группе сравнения ($p < 0,001$) (рис. 4). Суммирование клеток с цитогенетическими нарушениями, характеризующими гибель клеток, выявило ряд особенностей. Преобладает гибель клеток по типу апоптоза, по типу некроза различия не выявляются. Клеточный гомеостаз можно охарактеризовать показателем клеточного обновления, рассчитанного как отношение индекса пролиферации к индексу апоптоза в процентах. В качестве ориентировочно нормативной величины использовался показатель, полученный при расчете соотношения интегрального показателя пролиферации и апоптического индекса для условно контрольной группы по [11] — 4%. Нарушения клеточного обновления выявлены у жителей села Ныда за счет снижения активности апоптоза (табл. 3). У пришлых мужчин здесь самые высокие показатели пролиферативного потенциала и самые низкие цифры апоптической активности, и в связи с этим выявляются наиболее выраженные нарушения клеточного гомеостаза. В норме показатели клеточного обновления у жителей села Антипаюта.

Здоровье населения, проживающего на арктических территориях, уязвимо и находится под влиянием не только экологических, но и суровых природно-климатических факторов. Низкие температуры воздуха, возмущения магнитного поля Земли, дефицит солнечной инсоляции, низкое содержание биологически необходимых веществ в питьевой воде, деструктивные поведенческие факторы оказывают влияние на функциональные системы организма и могут усиливать токсические эффекты, связанные с воздействием загрязняющих веществ [7, 8, 14].

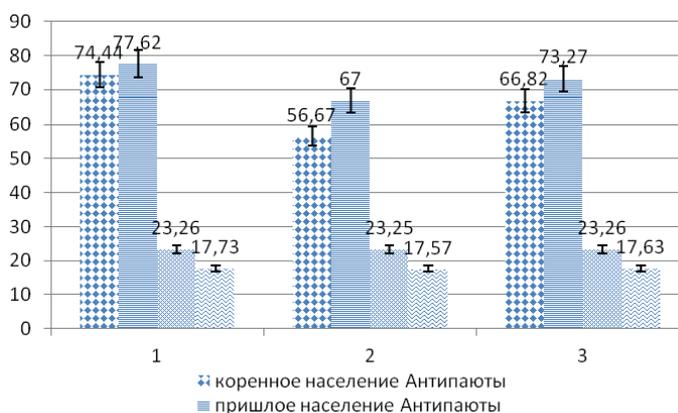


Рис. 4. Апоптический индекс пришлого и коренного населения сел Антипаюта и Ныда

Fig. 4. The apoptotic index of incoming and indigenous populations of the villages Antipayuta and Nyda

Таблица 3

Показатели клеточного гомеостаза для жителей сел Антипаюта и Ныда (Ip/Iap×100)

Показатель	Коренное население		Пришлое население	
	муж.	жен.	муж.	жен.
Ныда				
Ip/Iap	10%	12%	30%	15%
Σ	11%		21%	
Антипаюта				
Ip/Iap	5%	4%	4%	4%
Σ	4%		4%	

Table 3

The indicators of cellular homeostasis for the villagers of Antipayuta and Nyda (Ip/Iap×100)

Выводы

Техногенное воздействие на природные среды приводит к накоплению химических загрязнений в среде обитания человека. Постоянное воздействие неблагоприятных химических факторов среды на организм может привести к существенному повреждению генетического аппарата соматических клеток. Сравнительный анализ цитогенетических показателей обследованного населения, проживающего на территориях с разным уровнем техногенного воздействия на окружающую среду, позволил выявить различия по следующим показателям: частота клеток с микроядрами (в 15,5 раз), индекс накопления цитогенетических повреждений (в 15 раз), показатели клеточного гомеостаза.

Полученные в работе данные свидетельствуют о перспективном использовании цитогенетических маркеров для оценки воздействия неблагоприятных факторов среды на организм человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агбалин Е. В. Некоторые подходы к оценке медико-экологической ситуации на территории Ямало-Ненецкого автономного округа / Е. В. Агбалин, Е. В. Шинкарук, Н. В. Касацкая // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. Салехард. 2012. Вып. № 4(77). С. 3-7.
2. Ермилов О. М. Воздействие объектов газовой промышленности на северные экосистемы и экологическая стабильность геотехнических комплексов в криолитозоне / О. М. Ермилов, Г. И. Грива, В. И. Москвин. Новосибирск: Изд-во РАН, 2002. 148 с.

3. Королев А. А. Медицинская экология / А. А. Королев, М. В. Богданов, А. А. Королев, Е. И. Никитенко, А. В. Куликов. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 192 с.
4. Методические рекомендации «Оценка цитологического и цитогенетического статуса слизистых оболочек полости носа и рта у человека» / Н. Н. Беляева, Л. П. Сычева, В. С. Журков, А. А. Шамарин, М. А. Коваленко, З. М. Гасимова. М., 2005. 37 с.
5. Моисеенко Т. И. Воздействие токсичного загрязнения на популяции рыб и механизмы поддержания численности / Т. И. Моисеенко // Экология. 2010. № 3. С. 199-206.
6. Полиорганный микроядерный тест в эколого-гигиенических исследованиях / под ред. Ю. А. Рахманина, Л. П. Сычевой. М.: «Гениус», 2007. 312 с.
7. Понамарева А. В. Хромосомные нарушения у жителей самбургской тундры в условиях экологического неблагополучия / А. В. Понамарева, В. Г. Матвеева, Л. П. Осипова, О. Л. Посух // Сибирский экологический журнал. 2000. № 1. С. 67-71.
8. Ревич Б. А. Экологическая эпидемиология: учебник для высш. учеб. заведений / Б. А. Ревич, С. Л. Авалиани, Г. И. Тихонова; под ред. Б. А. Ревича. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 384 с.
9. Руководство по изучению генетических эффектов в популяциях человека. Совместное издание ООН, МОТ и ВОЗ. Женева, 1989. 121 с.
10. Селюков А. Г. Морфофункциональные изменения рыб бассейна Средней и Нижней Оби в условиях возрастающего антропогенного влияния / А. Г. Селюков // Вопр. ихтиологии. 2012. Т. 52. № 5. С. 581-600.
11. Сычева Л. П. Цитогенетический мониторинг для оценки безопасности среды обитания человека / Л. П. Сычева // Гигиена и санитария. 2012. № 6. С. 68-72.
12. Сычева Л. П. Биологическое значение, критерии определения и пределы варьирования полного спектра кариологических показателей при оценке цитогенетического статуса человека / Л. П. Сычева // Медицинская генетика. 2007. № 11. С. 3-11.
13. Хорошавин В. Ю. Вынос нефтяных углеводородов реками с территории нефтегазодобывающих районов Севера Западной Сибири / В. Ю. Хорошавин, Т. И. Моисеенко // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 5. С. 518. DOI: 10.7868/S0321059614050046
14. Чащин В. П. Труд и здоровье человека на Севере / В. П. Чащин, И. И. Деденко. Мурманск: Книжное издательство, 1990. 104 с.
15. Harvey A. N. Chromosomal aberrations induced by defined DNA double-strand breaks: the origin of achromatic lesions / A. N. Harvey, N. D. Costa, J. R. Savage, J. Thacker // Somat. Cell Mol. Genet. 1997. No 23. Pp. 211-219. DOI: 10.1007/BF02721372
16. Nersesian A. K. Micronucleus test in human exfoliated cells as a method to study the effects of mutagens/carcinogens / A. K. Nersesian // Cytology and Genetics. 1996. Vol. 30. No 5. Pp. 91-96.

Elena V. AGBALYAN¹
Elena V. SHYNKARUK²

**INDICATORS OF CYTOGENETIC ACTIVITY,
PROLIFERATION, AND APOPTOSIS IN THE RESIDENTS
OF YAMALO-NENETS AUTONOMOUS AREA LIVING
IN THE REGIONS WITH DIFFERENT
ANTHROPOGENIC IMPACT**

¹ Dr. Sci. (Biol.), Chief Research Scientist,
Environmental Studies Sector,
Scientific Center of Arctic Research
agbelena@yandex.ru

² Junior Research Scientist,
Environmental Studies Sector,
Scientific Center of Arctic Research
elena1608197@yandex.ru

Abstract

A cytogenetic study of the residents of Yamal-Nenets Autonomous Area living in the regions with different levels of man-caused impact on the natural environment has been carried out. The study data is the medications of buccal exfoliated cells of Antipayuta villagers from Taz region and Nyda villagers from Nadym region, who were evaluated by microscopy. The research results show significant differences in the studied cytogenetic samples: the frequency of micronuclei cells, apoptotic index of late stages of core degradation, and accumulation index of cytogenetic abnormalities. Significant disturbances of cellular homeostasis in Nyda villagers by reducing the activity of apoptosis are indicated. The obtained data show the availability of cytogenetic markers to assess the impact of adverse environmental factors on the human body.

Citation: Agbalyan E. V., Shynkaruk E. V. 2016. "Indicators of Cytogenetic Activity, Proliferation, and Apoptosis in the Residents of Yamalo-Nenets Autonomous Area Living in the Regions with Different Anthropogenic Impact". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 2, no 3, pp. 106-120.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-3-106-120

Keywords

Cytogenetic indicators, buccal epithelium, man-caused impact, population of Yamal-Nenets Autonomous Area, accumulation index of cytogenetic abnormalities.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-3-106-120

REFERENCES

1. Agbalyan E. V., Shynkaruk E. V., Kasatskaya N. V. 2012. "Nekotorye podhody k ocenke mediko-ekologicheskoy situatsii na territorii Yamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga" [Some Approaches to the Assessment of Health and Environmental Situation in the Yamal-Nenets Autonomous Area]. *Nauchnyy vestnik Yamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga*, no 4(77), pp. 3-7.
2. Belyaeva N. N., Sycheva L. P., Zhurkov V. S., Shamarin A. A., Kovalenko M. A., Gasimov Z. M., et al. 2005. *Rukovodstvo po izucheniyu geneticheskikh effektov v populyatsiyah cheloveka* [Guidelines on Cytological and Cytogenetic Status of the Oral Mucous Membranes of the Nose and Mouth of a Person]. Moscow.
3. Chashchin V. P., Dedenko I. I. 1990. *Trud i zdorove cheloveka na Severe* [Labor and Human Health in the North]. Murmansk.
4. Ermilov O. M., Griva G. I., Moskvina V. I. 2002. *Vozdeystvie obyektov gazovoy promyshlennosti na severnye ekosistemy i ekologicheskaya stabilnost geotekhnicheskikh kompleksov v kriolitozone* [The Effects of Gas Industry Facilities in Northern Ecosystems and the Ecological Complexes of Geotechnical Stability in Permafrost]. Novosibirsk: Russian Academy of Science.
5. Harvey A. N., Costa N. D., Savage J. R., Thacker J. 1997. "Chromosomal Aberrations Induced by Defined DNA Double-Strand Breaks: The Origin of Achromatic Lesions". *Somatic Cell and Molecular Genetics*, no 23, pp. 211-219. DOI: 10.1007/BF02721372
6. Khoroshavin V. Yu., Moiseyenko T. I. 2014. "Vynos neftyanykh uglevodorodov rekami s territorii neftegazodobyvayuschih rayonov Severa Zapadnoy Sibiri" [Rivers' Carry-Over of Petroleum Hydrocarbons from Oil and Gas Producing Regions of the North of Western Siberia]. *Water Resources*, vol. 41, no 5, p. 518. DOI: 10.7868/S0321059614050046
7. Korolyov A. A., Bogdanov M. V., Korolyov A. A., Nikitenko E. I., Kulikov A. V. 2003. *Medicinskaya ekologiya*. Moscow: Academy.
8. Moiseyenko T. I. 2010. "Vozdeystvie toksichnogo zagryazneniya na populyatsii ryb i mehanizmy podderzhaniya chislennosti" [Toxic Pollution Impact on Fish Populations and the Mechanisms to Maintain the Number]. *Russian Journal of Ecology*, no 3, pp. 199-206.
9. Nersisyan A. K. 1996. "Micronucleus Test in Human Exfoliated Cells as a Method to Study the Effects of Mutagens/Carcinogens". *Cytology and Genetics*, vol. 30, no 5, pp. 91-96.
10. Ponamaryova A. V., Matveyeva V. G., Osipova L. P., Posukh O. L. 2000. "Khromosomnye narusheniya u zhitel'ey samburgskoy tundry v usloviyah ekologicheskogo neblagopoluchiya" [Chromosomal Abnormalities in the Inhabitants of Samburg Tundra under the Conditions

- of Ecological Trouble]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal (Contemporary Problems of Ecology)*, no 1, pp. 67-71.
11. Rakhmanin Yu. A., Sycheva L. P. (eds). 2007. *Poliorgannyi mikroyadernyy test v ekologo-gigienicheskikh issledovaniyakh [Multiorgan Micronucleus Test in the Ecological and Hygienic Studies]*. Moscow: Genius.
 12. Revich B. A., Avaliani S. L., Tikhonov G. I. 2004. *Ekologicheskaya epidemiologiya: Uchebnik dlya vyssh. ucheb. zavedeniy [Environmental Epidemiology: University Textbook]*. Moscow: Academy.
 13. Selyukov A. G. 2012. "Morfofunkcionalnye izmeneniya ryb basseyna Sredney i Nizhney Obi v usloviyakh vozrastayushchego antropogennogo vliyaniya" [Morphological and Functional Changes in the Fish of the Middle and Lower Ob Basin under Increasing Anthropogenic Influence]. *Voprosy ihtiologii [Problems of Ichthyology]*, vol. 52, no 5, pp. 581-600.
 14. Sycheva L. P. 2007. "Biologicheskoe znachenie, kriterii opredeleniya i predely varirovaniya polnogo spektra kariologicheskikh pokazateley pri ocenke citogeneticheskogo statusa cheloveka" [The Biological Significance and the Criteria for Determining the Limits of Variation of the Full Range of Indicators When Assessing Karyological Cytogenetic Status of a Person]. *Medical Genetics*, no 11, pp. 3-11.
 15. Sycheva L. P. 2012. "Citogeneticheskii monitoring dlya ochenki bezopasnosti sredy obitaniya cheloveka" [Cytogenetic Monitoring to Assess the Safety of the Human Environment]. *Gigiena i sanitariya*, no 6, pp. 68-72.
 16. UN, ILO, WHO. 1989. *Rukovodstvo po izucheniyu geneticheskikh effektov v populyatsiyah cheloveka [Guidelines on Genetic Effects in Human Populations]*. Geneva.