

### ОСОБЕННОСТИ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ОБМЕНА ЛИМФОЦИТОВ КРОВИ У ДЕТЕЙ В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ К ШКОЛЬНОМУ ОБУЧЕНИЮ

*С помощью метода компьютерной цитоморфоденситометрии изучены уровни активности СДГ и αГФДГ лимфоцитов периферической крови у 48 детей первых классов школы.*

*Выявлено, что исследуемые показатели метаболизма лимфоцитов в начале учебного года у первоклассников с неблагоприятным течением адаптации характеризуются активацией анаэробного дыхания. В конце учебного года у первоклассников с неблагоприятным течением адаптации метаболизм лимфоцитов характеризуется ингибированием аэробного дыхания и снижением энергетических реакций цикла трикарбоновых кислот.*

**Ключевые слова:** дети, школа, адаптация, ферменты лимфоцитов крови.

A.V. Gordiyets

### THE PECULIARITIES OF THE CHILDREN BLOOD LYMPHOCYTE MITOCHONDRIAL EXCHANGE DURING THEIR SCHOOL TRAINING ADAPTATION

*By means of the computer cyto-morpho-densitometry method the activity levels of accumulation of blood in the subdural space and α-glycero-phosphate dehydrogenase of lymphocytes in peripheral blood of 48 first-year schoolchildren are studied.*

*It is revealed that the studied indices of lymphocyte metabolism at the beginning of academic year for first-year schoolchildren with the unfavourable course of adaptation are characterized by anaerobic breath activation. The lymphocyte metabolism is characterized by aerobic breath inhibition and energy reaction reduction of the tricarboxylic acids cycle at the end of the academic year for first-year schoolchildren with the unfavourable course of adaptation.*

**Key words:** children, school, adaptation, blood lymphocyte enzymes.

По мнению В.М. Покровского (2003), адаптацией считают все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности, которые обеспечиваются на основе физиологических процессов, происходящих на клеточном, органном, системном и организменном уровне. На формирование приспособительных реакций и качества адаптации ребенка к школе оказывает целый комплекс биологических факторов, начиная с антенатального периода, а также микросоциальных условий в семье и индивидуальных особенностей организма ребенка [2,3,15]. В последние годы проблема адаптации детей к школе обсуждается достаточно широко [4,5,11,14,16]. Анализ причин негативных изменений в состоянии здоровья школьников показывает, что доля влияния социально-гигиенических условий жизни детей и внутришкольной среды на формирование их здоровья может достигать 28–35%, а воздействие собственно школьной среды от 1-го к 8-му классу возрастает до 21–27% [3].

Известно, что период поступления ребенка в первый класс является одним из критических, узловых периодов, когда наблюдаются наиболее интенсивные функциональные перестройки систем и органов организма ребенка и, прежде всего, ЦНС и иммунной системы на фоне резкой смены социальных условий [3,11,14]. В этом возрасте происходят сложные изменения деятельности головного мозга, изменение активности тех или иных ферментов, что приводит к изменению энергетического потенциала клетки, а значит, и всего организма в целом.

Выбор ферментного статуса лимфоцитов как индикатора тканевых нарушений основывается на многих клинико-экспериментальных исследованиях, в которых убедительно показано, что лимфоциты, будучи мигрирующими клетками, способны отражать изменения во всех клеточных популяциях организма. Рядом исследователей было установлено, что лимфоциты могут служить показательным объектом исследования активности ферментов, принимающих участие в процессах биоэнергетики [1,4,7–9,13,17].

Активность окислительно-восстановительных ферментов цикла Кребса, локализирующихся в митохондриях, определяет состояние энергетики клетки. Сукцинат дегидрогеназа (СДГ) катализирует дегидрирование

янтарной кислоты с образованием фумаровой кислоты, локализуется на внутренней мембране митохондрий. СДГ выявляется во всех видах лейкоцитов и бластных элементах костного мозга.  $\alpha$ -глицерофосфат дегидрогеназа ( $\alpha$ ГФДГ) митохондриальная участвует в транспорте водорода из гиалоплазмы в митохондрии, осуществляя челночный механизм, координирующий в клетке процессы дыхания и гликолиза, а также обмен фосфолипидов [8,9].

**Целью нашего исследования** была оценка цитоморфоденситометрических параметров митохондриального обмена лимфоцитов периферической крови у детей, обучающихся в 1-х классах, в зависимости от прогноза и течения адаптации к школе.

**Материалы и методы исследований.** Всего обследовано 130 детей г. Красноярска, обучающихся в 1-х классах массовой школы по традиционной программе. Методом сплошной выборки были отобраны 48 учащихся 1-х классов (28 девочек и 20 мальчиков). Критериями включения при формировании группы выступали 1-я, 2-я группы здоровья ребенка и информированное согласие родителей; критериями исключения выступали 3, 4, 5-я группы здоровья и несогласие родителей ребенка. Данный отбор позволил исключить из обследования детей с острыми или хроническими заболеваниями, что в свою очередь исключало иммунопатологические процессы у детей в начале учебного года. Группы здоровья детей оценивались согласно Приказу №621 [12]. Оценка прогноза адаптации к школе у детей проводилась согласно Методическим рекомендациям МЗ РСФСР [14]. В них указывалось, что у первоклассников адаптация в школе достоверно чаще протекает неблагоприятно при наличии следующих факторов:

- 1) злоупотребление алкоголем отца;
- 2) школьная «незрелость»;
- 3) низкий культурный уровень семьи;
- 4) резкие отношения между родителями;
- 5) отсутствие мотивации к обучению в школе;
- 6) курение матери;
- 7) малое внимание, уделяемое ребенку в семье;
- 8) пневмония на первом году жизни;
- 9) отставание в умственном развитии;
- 10) мужской пол ребенка;
- 11) асфиксия в родах;
- 12) употребление алкоголя матерью;
- 13) использование физических методов наказания ребенка;
- 14) токсикоз 1-й и 2-й половины беременности;
- 15) 2-, 3- и 4-я группы здоровья у ребенка.

При наличии у ребенка 4–5 и более факторов риска, особенно указанных под номерами с 1 по 6, наиболее вероятен прогноз неблагоприятного течения адаптации к условиям школы.

Оценка течения адаптации к школе у детей проводилась согласно Методическим рекомендациям МЗ РСФСР [14]. Характер течения адаптации к школе оценивался по уровню физического развития детей, выявлению нервно-психических расстройств, соматическому состоянию, заболеваемости, успешности в учебе (оценки за учебную четверть по русскому языку и литературе, математике). Все дети по течению адаптации были разделены на 3 группы: дети с благоприятным течением адаптации, с условно благоприятным течением адаптации и дети с неблагоприятным течением адаптации (срыв адаптации).

#### **Благоприятное течение адаптации:**

1. Комплексная оценка эмоционального статуса – 51–40 баллов.
2. Успеваемость: отличная, отличная и хорошая – хорошая.
3. Невротические расстройства и неврозы в течение учебного года – нет.
4. Частота ОРЗ – нет или 1–3 раза за период с начала учебного года.
5. Снижение массы тела к концу учебного года – не более 250 г.

#### **Условно благоприятное течение адаптации:**

1. Комплексная оценка эмоционального статуса – 39–28 баллов.
2. Успеваемость: хорошая и удовлетворительная – удовлетворительная.
3. Невротические расстройства и неврозы в течение учебного года – нет.
4. Частота ОРЗ – 3–4 раза за период с начала учебного года.

5. Снижение массы тела к концу учебного года – 260–500 г.

**Неблагоприятное течение адаптации:**

1. Комплексная оценка эмоционального статуса – 27–9 баллов.  
2. Успеваемость: удовлетворительная и плохая – плохая.  
3. Невротические расстройства и неврозы – есть, документированные невропатологом и/или психологом.

4. Частота ОРЗ – 4 и более раз за период с начала учебного года.

5. Снижение массы тела к концу учебного года – более 500 г.

Венозную кровь забирали из локтевой вены дважды (в начале и в конце учебного года). Для оценки активности СДГ и  $\alpha$ ГФДГ в лимфоцитах применяется метод компьютерной цитоморфоденситометрии [6,10]. Измерения осуществляли на цитоморфоденситометрической установке «ДиаМорф». Изображение представляется с микроскопа Люмам (объектив 100, оптовар 2,5) в микроЭВМ в виде первичной матрицы распределения интенсивностей. Матрица имеет размерность 256×256 элементов (пиксель). Каждый элемент матрицы представляет собой усредненную на площади 1 пикселя величину интенсивности. С помощью камеры Горяева относительные единицы пикселя были переведены в мкм (1 пиксель=1/13110 мкм). В целом цитохимическое изображение характеризовали оптическими и геометрическими признаками: S – площадь гранул (мкм<sup>2</sup>), P – суммарный периметр гранул (мкм), FF – фактор формы (где 1 – абсолютная окружность), OD – средняя оптическая плотность (единицы оптической плотности – е.о.п.), Rx – усредненное (на 1 клетку) значение расстояния между гранулами по оси X (мкм), Ry – усредненное (на 1 клетку) значение расстояния между гранулами по оси Y (мкм), IOD – интегральная оптическая плотность (пиксель×е.о.п.).

Для всех данных определяли среднее арифметическое значение (M). Проверку гипотезы о статистической достоверности двух выборок проводили с помощью критерия Манна-Уитни. Для исследования силы взаимосвязей показателей вычислялся коэффициент корреляции Спирмена.

**Результаты и обсуждение**

Нами не было получено статистически достоверных отличий между группами детей с благоприятным и условно-благоприятным течением адаптации, поэтому данные две группы детей были объединены нами в одну группу детей с благоприятным течением адаптации. В начале учебного года из 48 первоклассников 37,5% детей имели благоприятный прогноз течения адаптации, однако, из них 72,0% детей имели благоприятное течение адаптации, а у 28,0% детей адаптация протекала неблагоприятно. Тогда как 62,5% детей, обучающихся в 1-х классах, в начале учебного года имели неблагоприятный прогноз течения адаптации, у 40,0% детей из этой группы адаптация протекала благоприятно и у 60,0% детей – неблагоприятно (рис. 1).

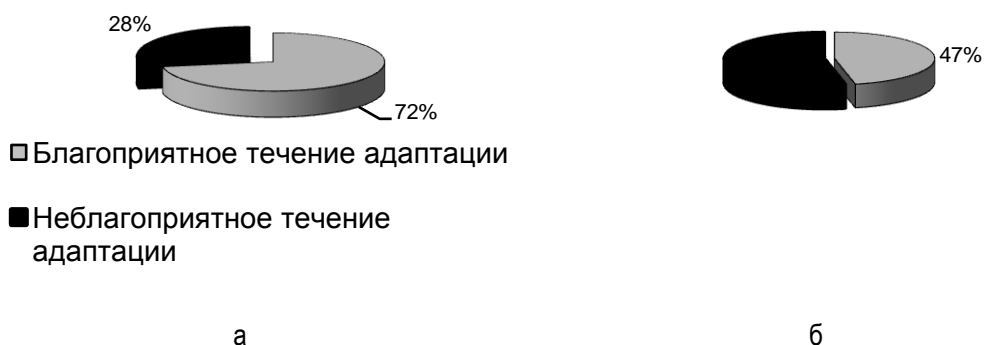


Рис. 1. Течение адаптации у первоклассников с благоприятным (а) и неблагоприятным (б) прогнозом

Анализ анамнестических данных показал, что у детей, обучающихся в 1-м классе, по частоте встречаемости неблагоприятных признаков, отражающихся на течении адаптации, чаще встречались низкий культурный уровень семьи, отсутствие мотивации к обучению в школе, малое внимание к ребенку со стороны родителей и родных, неполная семья, алкоголизм отца, школьная «незрелость» ( $p < 0,01$ ). Меньшую значи-

мость имели такие признаки, как неблагоприятный психологический климат в семье ( $p < 0,05$ ), курение матери, физические методы наказания ребенка ( $0,1 > p > 0,05$ ). Следовательно, у наблюдаемых нами детей имели место факторы, способствующие нарушению иммунного гомеостаза и функционального состояния ЦНС.

В течение учебного года у 25 первоклассников отмечена потеря массы тела более 500 г (52,1%). В течение учебного года около половины детей, обучающихся в 1-х классах, болели ОРВИ 1–4 раза. Практически у половины детей, обучающихся в 1-х классах, адаптация протекала неблагоприятно (43,7% первоклассников). В течение учебного года у части детей выявлено ухудшение состояния здоровья детей, проявляющееся появлением у 8,3% первоклассников хронической патологии, ростом числа заболеваний опорно-двигательного аппарата, нарушениями остроты зрения, заболеваниями ЛОР-органов, различными нарушениями эмоционально-поведенческой сферы, признаками невротизации, нарушениями социальной адаптации и астенизацией.

Исходя их постулата, что характер адаптационных реакций у школьников 1-х классов зависит от особенностей метаболических процессов лимфоцитов крови, мы искали прогностические признаки неблагоприятного течения адаптации в изменении активности ферментов лимфоцитов крови в начале и конце учебного года. Фермент СДГ считается одним из наиболее информативных показателей энергообеспеченности клетки [8,9,12]. По площади и периметру гранул диформаза, по оптической плотности можно судить об активности фермента. Так как СДГ прочно связана с внутренней мембраной митохондрий, то усредненное расстояние между гранулами характеризует состояние митохондриального компартмента клетки (рис. 2).

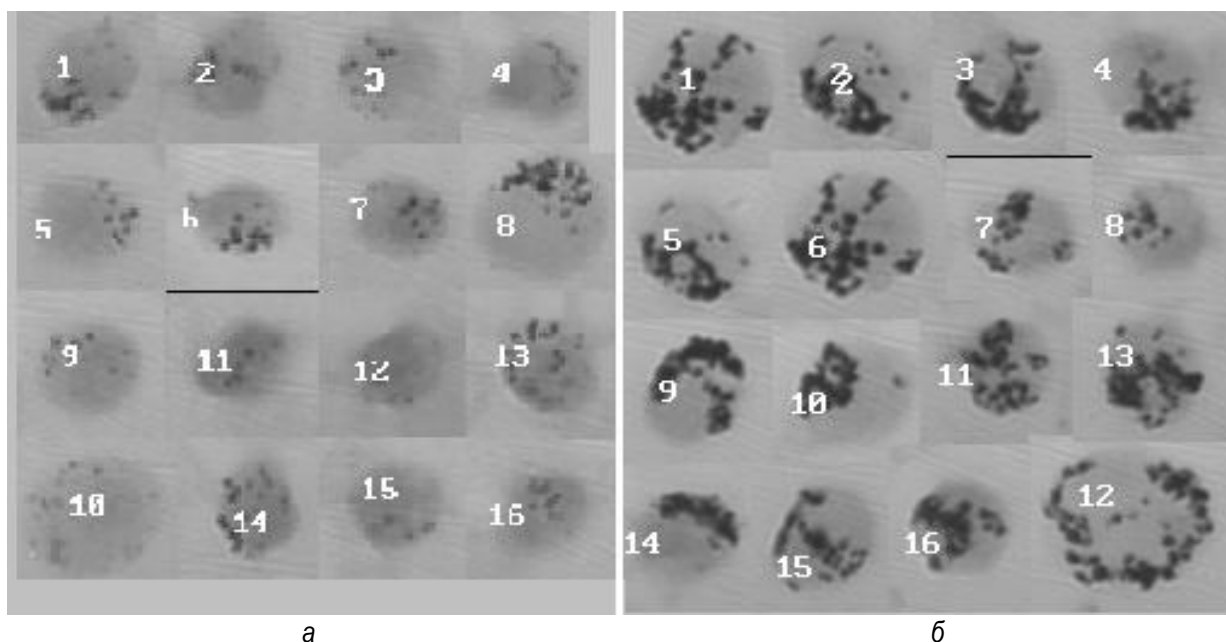


Рис 2. Видеоархивы: а – лимфоциты с гранулами формаза при реакции на  $\alpha$ ГФДГ; б – лимфоциты с гранулами формаза при определении СДГ

Достоверных различий в активности СДГ у первоклассников с неблагоприятным прогнозом течения адаптации к школе в начале учебного года по сравнению с детьми, имеющими благоприятный прогноз течения адаптации к школе, не выявлено. В конце учебного года у первоклассников с благоприятным течением адаптации состояние метаболизма лимфоцитов характеризуется снижением энергетических реакций цикла трикарбоновых кислот (IOD СДГ) ( $P < 0,05$ ). Специфической особенностью метаболизма лимфоцитов у первоклассников с благоприятным течением адаптации в конце учебного года является повышение активности СДГ.

$\alpha$ ГФДГ участвует в транспорте водорода из цитоплазмы в митохондрии, осуществляя челночный механизм, координирующий в клетке процессы дыхания и гликолиза. В лимфоцитах крови детей, обучающихся в 1-х классах, с неблагоприятным прогнозом течения адаптации в начале учебного года обнаружена тенденция к достоверному снижению ( $0,1 > p > 0,05$ ) такого геометрического показателя  $\alpha$ ГФДГ, как усредненное расстояние между гранулами по оси Y ( $1,55 \pm 0,23$  и  $1,13 \pm 0,12$  пикселя соответственно), что указывает на акти-

вацию глицерофосфатного водородного шунта. В конце учебного года при неблагоприятном течении адаптации у первоклассников понижается активность глицерофосфатного водородного шунта (αГФДГ).

Нами была исследована корреляционная взаимосвязь между параметрами активности ферментов лимфоцитов у первоклассников с благоприятным и неблагоприятным прогнозом течения адаптации к школе. Обнаружено, что исследуемые показатели метаболизма лимфоцитов у детей этих двух групп достаточно тесно взаимосвязаны.

У детей с неблагоприятным прогнозом адаптации выявлена прямая корреляционная взаимосвязь уровней активности IOD СДГ и IOD αГФДГ (достоверность 95% и выше). Можно предположить, что специфические взаимосвязи между уровнями активности ферментов характеризуют особенности нарушения внутриклеточной регуляции метаболизма при неблагоприятном прогнозе течения адаптации у первоклассников.

Таким образом, фактическое течение адаптации в конце учебного года у детей, обучающихся в 1-х классах, не совпало с прогнозом на начало учебного года примерно в половине случаев, и адаптация к школе протекала неблагоприятно, что привело к формированию в конце учебного года у части первоклассников хронической патологии. Обнаруженные изменения активности ферментов лимфоцитов у первоклассников с неблагоприятным прогнозом течения адаптации характеризуют конкурентные взаимоотношения обменных процессов между внутриклеточными компартментами, что, вероятно, отражает нестабильность клеточного метаболизма у детей в данной группе. Исследуемые показатели метаболизма лимфоцитов в начале учебного года у первоклассников с неблагоприятным течением адаптации характеризуются активацией анаэробного дыхания, тогда как в конце учебного года – ингибированием аэробного дыхания и снижением энергетических реакций цикла трикарбоновых кислот. Полученные данные отражают взаимосвязь между уровнями активности глицерофосфатного шунта и интенсивностью субстратного потока по циклу Кребса.

### Литература

1. Параметры метаболизма лимфоцитов крови у больных хроническим вирусным гепатитом / В.Г. Булыгин, Е.П. Тихонова, Н.А. Аксенова [и др.] // Сиб. мед. обозрение. – 2010. №2. – С.33–36.
2. Гордиец А.В., Груздева О.В. Медико-психологическая готовность детей к школе. Проблемы, пути решения. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH &Co, 2012. – 120 с.
3. Гордиец А.В. Состояние здоровья первоклассников и особенности их адаптации к школьному обучению // Рос. пед. журн. – 2010. – №6. – С.49–52.
4. Гордиец А.В., Манчук В.Т., Савченко А.А. Прогнозирование дезадаптационных реакций у пятиклассников в зависимости от активности оксидоредуктаз в лимфоцитах крови // Сиб. мед. обозрение. – 2010. – № 3 (63). – С. 27–31.
5. Оценка состояния здоровья первоклассников к началу школьного обучения / Е.С. Зайцева, Л.А. Жданова, Л.К. Молькова [и др.] // Актуальные проблемы педиатрии: сб. мат-лы XVI конгресса педиатров России с междунар. участием. – Ч.1. – М., 2012. – С. 265.
6. Коган Э.М., Жукоцкий А.В., Говорун В.М. Использование компьютерной морфоденситометрии в современной молекулярно-диагностической практике // Вопросы мед. химии. – 1988. – №6. – С. 527–536.
7. Краспивкин А.И., Сухоруков В.С., Ключников С.О. Митохондриальные нарушения у детей с расстройствами психологического развития и поведения // Рос. вестн. перинатологии и педиатрии. – 2009. – №1. – С. 45–51.
8. Куртасова Л.М., Голованова А.Е., Савченко А.А. Энзиматический статус лимфоцитов крови у детей в раннем возрасте с вирусом Эпштейна-Барр // Бюл. эксперим. биол. и медицины. – 2010. – Т.148, № 3. – С. 313–316.
9. Муравьева Н.Г., Савченко А.А., Манчук В.Т. Особенности ферментативного статуса лимфоцитов крови у детей с дисфункциональными расстройствами билиарного тракта и при их ассоциации с лямблиозом // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2012. – №1(83). – С. 48–51.
10. Нарциссов Р.П. Анализ изображения клетки – следующий этап развития клинической цитохимии в педиатрии // Педиатрия. – 1998. – №4. – С. 101–105.
11. Оценка функциональных изменений физиологических систем первоклассников в период адаптации к обучению / Г.Ю. Порецкова, А.А. Емелина, Д.В. Печуров [и др.] // Актуальные проблемы педиатрии: сб. мат-лов конгресса педиатров России с междунар. уч. – Ч.1. – М., 2012. – С. 607.

12. Приказ Минздрава России от 30.12.2003 г. №621 «О комплексной оценке состояния здоровья детей». – М., 2004.
13. Информативность основного энергообмена митохондрий лимфоцитов периферической крови у детей с хроническими запорами / Г.Ф. Семенова, Е.В. Комарова, А.С. Потапов [и др.] // Вопр. современной педиатрии. – 2007. – Т. 6, № 3. – С. 48–52.
14. Шиляев Р.Р., Солнцев А.А., Философова М.С. Мероприятия по облегчению адаптации детей к условиям дошкольного учреждения и школы. – Иваново, 1987. – 31с.
15. Bruss M.B., Morris J., Dannison L. Prevention of childhood obesity: sociocultural and familial factors // J. Am Diet. Assoc. – 2003. – V. 103, № 8. – P.1042–1045.
16. Improving School Health Programs: barities and strategies. The WHO Expert committee on Comprehensive School Health Education and promotion. – Geneva: WHO, 1996. – 115 p.



УДК 502.7(517.3)

Ж. Даваабаатар, Г. Баярсайхан, Н.В. Цугленок

### ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ г. ДАРХАНА

*В статье представлены материалы исследования загрязнения воздушной и водной среды г. Дархана и его производственного района. Разработаны рекомендации по улучшению экологической обстановки.*

**Ключевые слова:** воздушная и водная среда, выбросы, сбросы, отходы, рекомендации.

Z. Davaabaatar, G. Bayarsaykhan, N.V. Tsuglenok

### ENVIRONMENTAL AND AIR POLLUTION PROBLEMS OF DARKHAN

*The research materials of environmental air and water pollution of Darkhan and its production area are presented in article. The recommendations on ecological situation improvement are developed.*

**Key words:** air and water environment, emissions, faulting, waste, recommendations.

---

Проведенные исследования воздушной среды города Дархана показали увеличенное содержание двуокиси серы, выделяющейся из крупных централизованных источников – загрязнителей данного района, включая ТЭС.

При рассмотрении распространения двуокиси серы (SO<sub>2</sub>), содержащейся в выбросах ТЭС, на юго-восточной стороне в направлении ветра, доминирующего в зимнее время года, установлено, что содержание ее на расстоянии 8–10 км составляет 0,7–1,2 мг/м<sup>3</sup>, в других направлениях – 0,0–0,5 мг/м, поэтому можно заключить, что оно имеет небольшое влияние на загрязнение воздушной и почвенной среды. Весной в юго-восточном направлении ветра на расстоянии 2–8 км содержание SO<sub>2</sub> составляет 0,2–0,9 мг/м<sup>3</sup>, осенью на расстоянии 5–12 км – 0,3–0,5 мг/м<sup>3</sup>. Из данных видно, что дым, выделяющийся из ТЭС, в любое время года распространяется в соответствии с направлением ветра с юго-восточной стороны на юго-запад с большим ореолом распространения и доказывает, что вредное воздействие этого источника загрязнения почв, воздушной и водной среды незначительно, он мало воздействует на здоровье городского населения, проживающего в непосредственной близости от ТЭС.

Специфика распространения ядовитых соединений, образованных в газах, выделяющихся от ТЭС, заключается в их сравнительно большом содержании в восточной части местности Промрайон или в северо-восточной стороне от него, в направлении горы Дархан и вблизи организаций, расположенных в южной части района Нового Дархана в западном направлении от ТЭС. Но, несмотря на наличие ядовитых соединений в газообразном состоянии и в виде летучей смолы, на уровне 3 м от поверхности земли их концентрация соответствует допустимым требованиям.