

**ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ЕКАТЕРИНБУРГА
И АНАЛИЗ МИКРОСРЕД С ТСО**

Известно, что одним из следствий техноцентрического подхода к проблемам защиты пользователей технических средств в настоящее время стали необоснованно высокие техногенные нагрузки на человека в искусственных микро-средах (рабочих и бытовых помещениях). Различные нормы санитарно-гигиенической безопасности лишь отчасти разрешают эту проблему, исходя из принципа защиты от прямого ущерба здоровью и материальной компенсации за риски, связанные с вредной производственной деятельностью. Ясно, что такой подход неприемлем для бытовых и образовательных сред, где главным критерием является экологическая комфортность среды, а стало быть соответствие ее антропогенных физико-химических характеристик естественным диапазонам данного географического места. В этом аспекте в данной работе предпринята попытка сопоставления физических характеристик локальной среды Екатеринбурга с аналогичными характеристиками в искусственных образовательных средах и сформулированы физические подходы к вышеозначенной проблеме.

*Локальные микроклиматические и геофизические
характеристики Екатеринбурга*

Локальные микроклиматические и геофизические характеристики Екатеринбурга в настоящее время изучены достаточно полно. Систематические исследования такого рода в Екатеринбурге проводятся с 1836 г. и включают большие массивы экспериментальных данных [1,2]. Это позволяет не только учитывать суточный или годовой ход локальных геофизических элементов, но и судить о их вековых вариациях.

Ниже проведено обобщение необходимой для предмета исследования информации о наиболее важных из микроклиматических и геофизических характеристик [1-5].

1. Микроклиматические характеристики Екатеринбурга

Высота города над уровнем моря - 284 м.

Внутригородские перепады высот - 65 м.

Аэрологические характеристики

Преобладающее направление ветра в течение года - западное	
Зимой - западное	
Летом - западное (18-20%), северо-западное (15-17%) и северное (12-15%).	
Среднегодовая скорость ветра - 3 м/с	Среднегодовая продолжительность ветра со скоростью 0-1 м/с - 22 %
Максимальная скорость ветра - 39 м/с (7 июля 1893 г.)	

Атмосферное давление

Среднее давление - 737 мм рт.ст. = 98200 Па
Высота над уровнем моря - 284 м
Внутригородские перепады высоты - 65 м
Максим. значение давления - 773 мм рт.ст. = 10290 Па (1910 г.)
Миним. значение давления - 690 мм рт.ст. = 91880 Па (1884 г.)
Среднегодовой максимум давления - 740 мм рт.ст. = 98600 Па
Среднегодовой минимум давления - 735 мм рт.ст. = 97900 Па

Таблица 1

Температура, °С

Значения температуры	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средняя	-16	-15	-8	2	10	15	17	15	9	1	-7	-14
Средняя по абс. max	-2	0	7	18	27	30	31	29	24	15	5	0
Абс. max	6	8	17	28	33	35	38	37	30	25	14	6
Средняя по абс. min	-32	-30	-25	-13	-4	2	6	3	2	-12	-23	-30
Абс. min	-44	-42	-39	-21	-14	-2	2	-1	-9	-22	-39	-43

Изменения температуры в течение 1 ч, $\Delta T/\Delta t$

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta T/\Delta t$	0,35	0,60	0,77	0,72	0,75	0,86	0,71	0,80	0,69	0,49	0,36	0,33

Среднемесячные значения относительной влажности В, в %

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В, %	80	76	71	64	58	60	68	72	75	77	79	81

Среднегодовое значение относительной влажности в Екатеринбурге - 72 %.

Таблица 2

Освещенность горизонтальной поверхности по месяцам и времени суток, клк

Месяц	6 ч 30 мин	9 ч 30 мин	12ч 30 мин	15ч 30 мин	18ч 30 мин
1	-	-	13,1	-	-
2	-	14,0	25,9	8,7	-
3	-	18,4	24,1	13,7	-
4	10,7	42,5	52,0	29,2	-
5	19,8	48,9	56,3	36,2	7,7
6	23,3	52,2	57,2	39,6	11,2
7	20,1	49,0	56,8	38,2	10,7
8	13,1	40,8	49,7	31,4	5,0
9	4,9	28,9	35,2	18,0	-
10	-	15,9	20,0	6,3	-
11	-	7,7	13,3	-	-
12	-	-	9,2	-	-

Характеристики освещенностей вертикальных поверхностей определяются при использовании коэффициентов пере-счета.

Таблица 3

Коэффициенты пересчета с горизонтальной поверхности на вертикальную

Ориентация стены	Месяц							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Север	0,25	0,25	0,28	0,28	0,25	0,26	0,31	-
Северо-восток	0,32	0,36	0,38	0,39	0,36	0,35	0,35	-
Восток	0,56	0,57	0,52	0,52	0,52	0,53	0,57	0,56
Юго-восток	0,90	0,71	0,59	0,54	0,56	0,65	0,82	-
Юг	1,10	0,73	0,54	0,46	0,50	0,63	0,90	1,18

Для расчета времени солнечного облучения в разные месяцы года при условии соблюдения лечебной дозы облучения (210 кДж/м^2) или инсоляции помещений может быть использована табл. 4.

Таблица 4

Интенсивность солнечного облучения, $\text{Дж}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$

Дата, место замера	Интенсивность солнечного облучения					
	Время, ч					
	10	11	12	13	14	15
19.03						
Верхнее Дуброво	50	65	80	100	65	10
Екатеринбург, центр	260	350	420	400	350	280
Уралмаш	150	160	160	160	150	140
Уктус	180	190	210	200	160	120
04.08						
Верхнее Дуброво	440	510	520	510	480	350
Екатеринбург, центр	450	470	450	420	400	300
Уралмаш	430	440	450	440	420	300
Уктус	440	530	520	490	480	350

Так, из табл.4 следует, что для центра Екатеринбурга 19 марта в 11ч время начального минимального облучения (сеанс загара) соответствует 10 мин.

2. Локальные геофизические факторы

Таблица 5

Напряженность электрического поля, В/м

Напряженность	Время года			
	Зима	Весна	Лето	Осень
Суточные изменения	135 (5ч) 230 (18 ч)	140 (4ч) 170 (8ч, 18-22ч)	110 (14ч) 145(24-2 ч)	130 (6ч) 170(18-22ч)
Среднесуточные значения	180	146	132	150
Среднегодовое значение	147			

Характеристики магнитного поля

Индукция магнитного поля	53 мкТл			
Горизонтальная составляющая магнитного поля	17-18мкТл			
Вертикальная составляющая магнитного поля	51 мкТл			
Магнитное склонение	11-13°			
Магнитное наклонение	70-73°			
Суточные вариации индукции магнитного поля:				
Наибольшие (июнь – июль)	до 28 нТл			
Максимум:				
Основной - от 17 до 19 ч				
Второстепенный - от 4 до 8 ч				
Наименьшие (декабрь)	6 нТл			
Минимум:				
Основной - от 11 до 12 ч с марта по октябрь, в январе-феврале и ноябре- декабре - выражен слабо				
Второстепенный - от 2 до 3 ч (наблюдается в течение всего года)				
Краткосрочные изменения магнитной индукции, нТл	Магнитная активность			
	слабая - 10 – 60	средняя - до 120	сильная - до 300	очень сильная - более 300
Наибольшие значения магнитной индукции бурь, наблюдавшихся в Екатеринбурге: 1,08 мкТл (1967 г.); 1,064 мкТл (1968 г.)				

Радиоактивное излучение

Естественный гамма-фон (среднегодовые значения)	8 - 10 мкР/ч
Минимум - в лесопарковой зоне	4 - 8 мкР/ч
Максимум - в Шартапском гранитном массиве	8 - 20 мкР/ч
Естественная объемная активность приповерхностного воздуха (радон-222, торон -220 с продуктами распада)	
	10^{-13} Ки/л
Естественная удельная активность почвы (калий-40, радий-226, торий-232)	
	0,005-0,02 мкКи/кг

Диапазоны толерантности экологических факторов Екатеринбурга

Условия экологического комфорта в Екатеринбурге определяются диапазонами толерантности его экологических факторов. Из этих факторов наиболее изученными являются локальные абиотические (климатические, метеорологические, физические, химические) факторы. В этом контексте ниже приведена оценка диапазонов толерантности для локальной плотности атмосферы, температуры, давления, влажности, локальных геофизических факторов и факторов антропогенного происхождения. Для уяснения величины антропогенной нагрузки сопоставление значений экологических факторов естественной и искусственной среды проведено на примере стандартной учебной среды, в частности кабинета информатики и вычислительной техники (КИВТ).

Относительные значения плотности атмосферы в Екатеринбурге с учетом высоты его нахождения над уровнем моря и максимального диапазона температур составляют соответственно от 96,85% при 31°C до 96,05% при -32°C.

Отсюда следует, что для самого теплого летнего дня отклонение плотности воздуха составляет 3,15%, а для самого холодного дня зимы - 3,95% относительно уровня моря.

Диапазон относительных изменений плотности воздуха в зависимости от температуры тогда составляет 0,8%. Данный диапазон соответствует изменению плотности воздуха при

изменении высоты на 70 м при температуре + 31°C, либо на 60м при температуре -32°C относительно высоты 284 м над уровнем моря. Таким образом, городские перепады высот соответствуют условию экологической комфортности.

Максимальная скорость изменения плотности воздуха для Екатеринбурга наблюдается в июне и для средних июньских температур (15°C) составляет 0,02% в час. Соответствующее значение для максимальных июньских температур (31°C) составляет 0,05%/час.

Наиболее существенные среднемесячные изменения плотности городской атмосферы наблюдаются в феврале - марте - 0,1% , марте - апреле - 0,13% (с тенденцией сглаживания плотности по высоте), а также в августе-сентябре - 0,07% и в сентябре - октябре - 0,10% (тенденция усиления неоднородности распределения плотности воздуха по высоте). Последнее усиливает неравновесность атмосферы и может приводить в отмеченные сроки к температурным инверсиям. Диапазон толерантности по температуре – от –32 °С до +31 °С.

Диапазон толерантных скоростей изменения температуры - 0,35 - 0,86 °С/ч.

Максимальный диапазон изменения давления в Екатеринбурге составляет 83 мм рт.ст., что соответствует изменению давления на 11,26% от его среднего значения (737 мм рт.ст.). Усредненная годовая разность давлений несколько меньше - 70 мм рт.ст. Она и определяет диапазон толерантности по плотности.

Диапазон толерантности по относительной влажности - от 58% (май) до 81% (декабрь).

Диапазон толерантности по максимальной освещенности (12 ч 30 м) - от 9 клк в декабре до 68 клк в июле.

Наибольшие среднемесячные изменения освещенности наблюдаются в июле - от 35 до 68 клк (12 ч 30 м). Отметим, что естественные адаптивные возможности глаза эффективны в диапазоне от 1мклк (полная темнота) до 100 клк (прямой солнечный свет).

Диапазон толерантных изменений напряженности электрического поля - 110 - 230 В/м. Среднесуточные изменения Е зимой достигают 100 В/м, в остальные сезоны - 35 - 40 В/м.

Диапазон толерантных изменений индукции магнитного поля:

а) суточные изменения горизонтальной составляющей: наибольшие - 0,04 мкТл (июнь), наименьшие - 0,01 мкТл (декабрь); среднегодовое суточное изменение - 0,02 мкТл;

б) суточные изменения вертикальной составляющей: наибольшие - 0,02 мкТл (май-июль); наименьшие - 0,01 мкТл (январь-декабрь);

в) суточные изменения полной индукции магнитного поля: наибольшие - 0,028 мкТл (июнь-июль); наименьшие - 0,006 мкТл (декабрь).

Среднегодовая амплитуда суточных возмущений составляет 0,01 мкТл.

Годовые максимальные амплитуды возмущений магнитного поля наблюдаются в марте и сентябре-октябре (0,15 мкТл).

Влияние магнитных бурь приводит к появлению разности потенциалов до нескольких сот вольт в различных пунктах земного шара. В заземленных проводах в таких случаях возникают токи, измеряемые сотнями мА. Среднее значение градиента потенциала земли, вызванное нормальными суточными изменениями земного электромагнетизма, составляет 0,2 В/км. Во время магнитных бурь он увеличивается до 1 В/км. Экспериментально градиенты обнаруживают в цепях постоянного тока, в частности, заземленных телеграфных проводах. Для Урала они могут быть зафиксированы путем наблюдений за показаниями миллиамперметра, включенного в заземленный провод линии Екатеринбург-Тюмень. В среднем магнитные возмущения приводят к токам от 20 до 50 мА. Однако известны случаи возникновения токов и до 0,2 А.

Сильные магнитные бури могут приводить к изменению величины магнитного поля в пределах от 50 до 300 нТл, а очень сильные (как в 1957, 1958 гг.) до 1 мкТл и выше [6].

Диапазон толерантных изменений мощности экспозиционной дозы (гамма-фона) - 4-20 мкР/ч.

С учетом этих диапазонов оценим нагрузки, создаваемые в искусственных точечных средах Екатеринбурга. В качестве объекта исследования рассмотрим искусственную среду в кабинетах информатики и вычислительной техники (КИВТ), считающихся наиболее защищенными в плане санитарных правил и норм.

*Современное состояние дел по экологической
защищенности учащихся в кабинете информатики
общеобразовательного учреждения*

Проблема обеспечения экологической защищенности учащихся в кабинетах информатики возникла вместе с появлением в 1985/86 уч. г. курса “Основы информатики и вычислительной техники”, созданного под руководством академика А.П.Ершова. К 1994 г. предполагалось и завершение работы по созданию “Санитарно-гигиенических норм использования компьютеров в учебно-воспитательном процессе образовательных учреждений”. Однако наличие материальных трудностей не позволило вовремя закончить разработку данного документа. Вследствие этого в решении Коллегии Министерства образования РФ от 22.02.1995 г. за №4/1 “Основные компоненты содержания информатики в общеобразовательных учреждениях” было лишь отмечено, что размещение компьютеров в кабинете информатики следует проводить в соответствии с педагогическими и эргономическими требованиями.

Тем не менее началось массовое внедрение компьютерной техники в образовательные учреждения и новый его виток был связан с успехами распространения в России телекоммуникационных систем. В частности, в информационном письме Министерства образования РФ от 29.05.95г. было отмечено, что план мероприятий по распространению телекоммуникационных образовательных систем, равно как и требования к оборудованию кабинетов информатики, будут подготовлены к июлю 1995 г. Вместе с тем ни в одном из этих документов не было сформулировано в должной мере требование экологичности компьютерных комплексов и наличия соответствующей

щего экологического компонента знаний у персонала и обучаемых.

В связи с этим в качестве документа, регламентирующего использование вычислительной техники в КИВТ, были приняты “Временные санитарные нормы и правила для работников вычислительных центров” (Министерство здравоохранения СССР, Москва, 1988 г.), в основу которых были положены принципы, предусматривающие профессиональный риск для взрослого персонала. Наконец, постановлением Госкомэпиднадзора РФ за №14 от 14.07. 1996 г. были утверждены модернизированные “Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам (ВДТ), ПЭВМ и организации работы” [7].

В них, в частности, отмечено, что неправильный подбор эргономических параметров ВДТ приводит к ухудшению здоровья пользователей и для них требуется предусматривать ряд ограничений.

Так, по микроклиматическим параметрам в классе нормальными для лета приняты: температура 23-24 °С, относительная влажность 60-40%, скорость движения воздуха 0,1-0,2 м/с. Для зимних условий - 22-24 °С, 60-40% и 0,1 м/с соответственно.

В числе дополнительных требований отмечается обязательность предварительной очистки воздуха, поступающего в компьютерный класс, от пыли и микроорганизмов. При этом считается, что температура воздуха, подаваемого в помещение кондиционером, не должна быть ниже 19 °С.

На техногенные факторы также накладываются ограничения, среди которых выделяются следующие:

1) по статическому электричеству. Допускаемые уровни напряженности электростатических полей не должны превышать 15 кВ/м, а поверхностные потенциалы - 0,5 кВ;

2) по постоянному магнетизму - ограничения не приводятся;

3) по электромагнитному неионизирующему излучению на расстоянии 50 см от ВДТ. Для электрической составляющей напряженности электромагнитного поля - 10 В/м, для магнитной - 0,3 А/м;

4) по уровню аэроионизации. Минимально необходимой считается концентрация положительных аэроионов - 400, а отрицательных - 600 на 1см^3 воздуха; соответствующие максимально допустимые значения для обоих типов аэроионов могут достигать 50000. При этом оптимальными для отрицательных аэроионов принимаются значения, равные 30-50 тыс. на 1см^3 ;

5) по шуму и вибрации. Уровни шума в учебных помещениях, где используются ПЭВМ, не должны превышать 50 дБА;

6) по освещенности. Величина освещенности на поверхности рабочего документа должна соответствовать диапазону 300-500 лк, а внешняя освещенность экрана - 100-250 лк. Пульсации освещенностей, создаваемых люминесцентными лампами, при этом не должны превышать 10%;

7) по яркости. Фон экрана в полной темноте должен соответствовать диапазону от 35 до 120 $\text{кд}/\text{м}^2$; фон светящихся поверхностей (окон, светильников и т.д.) не должен превышать 200 $\text{кд}/\text{м}^2$. Контрастность изображения (разность между яркостью объекта и фона, отнесенная к величине фона) допускается равной не более 0,8; высота символов на экране считается нормальной, если она не менее 3,8 мм - при расстоянии от глаз оператора до экрана 40-80 см;

8) по ионизирующему излучению. Считается, что конструкция видеотерминала и ПЭВМ не должна создавать экпозиционную дозу на расстоянии 5 см от экрана и корпуса более 100 $\text{мкР}/\text{ч}$.

Антропогенные нагрузки в КИВТ

Антропогенные нагрузки в КИВТ обусловлены разностями между экологическими факторами внутри помещения и соответствующими характеристиками естественной локальной среды. Данные нагрузки не приводят к экологическому дискомфорту, если они ограничиваются пределами локальных диапазонов толерантности для соответствующего момента времени.

Ниже приведены антропогенные нагрузки для КИВТ в Екатеринбурге. В частности, это нагрузки, связанные:

1) с температурными перепадами, которые в разные периоды года составляют: в январе - 2,44, в июле - 0,41;

2) с разностью плотности воздуха в помещении и на улице (в январе - 0,15, в июле - 0,02);

3) с разностью относительной влажности - (в январе - 0,38, в мае - 0,13, в июле - 0,26);

4) с разностью освещенностей горизонтальной поверхности в помещении и на улице (в июле - 0,99, в декабре - 0,92);

5) с разностью яркостей экрана видеомониторов и естественной яркости освещенных поверхностей (в июле - 0,98, в декабре - 0,89);

6) с разностью напряженностей, создаваемых полем компьютера (статическим электричеством), и естественного электростатического поля (зимой - 110, летом - 153);

7) с разностью концентраций аэроионов в помещении и на улице (49);

8) с разностью между постоянными искусственным и естественным магнитными полями (188);

9) с разностью между шумом в помещении, создаваемым принтером и процессором, и естественным шумом листвы на улице (от 3 до 5);

10) с разностью между радиационным фоном, создаваемым стенами помещения и компьютером, и локальной естественной радиоактивностью (20). В среднем мощность излучения вблизи экрана компьютеров колеблется от 30 до 60 мкР/ч, что соответствует дополнительным нагрузкам от 0,5 до 2.

В дополнение к указанным нагрузкам следует добавить нагрузки, обусловленные переменным электромагнитным полем, химические нагрузки, обусловленные конструкционными материалами стен помещения, лакокрасочными материалами, мебелью, материалами ИВТ и ее инфраструктуры [8].

Из приведенных оценок следует, что требования санитарно-гигиенических нормативов существенно отличаются от

требований, необходимых для обеспечения экологического комфорта.

Такое различие связано с учетом санитарно-гигиенических нормативов профессиональных рисков, компенсируемых материальными благами или другими производственными привилегиями. Под риском при этом понимается возможное отклонение того или иного жизненно значимого параметра, возникающее в ходе профессиональной деятельности, от соответствующего параметра естественной среды, которое может приводить к болезнетворным физиологическим расстройствам.

Такие риски рассчитываются из производственной необходимости, т.е. из минимально необходимых условий жизнеобеспечения. Для примера рассмотрим критерии, закладываемые санитарными правилами и нормами, для расчета допустимых значений напряженности электрического поля

Известно, что при усредненной естественной напряженности электростатического поля вблизи поверхности земли в 130В/м разность потенциалов между головой человека и землей (U) составляет 220 В. Следовательно, в нормальных условиях через его тело (сопротивление $R=1$ МОм) может пройти ток силой $I=0,22$ мА. Это значение силы тока меньше порога чувствительности человека к току (1мА). Для Екатеринбурга максимальные значения потенциально возможной силы тока в нормальных условиях может составлять 0,4 мА. Санитарно-гигиенические нормы исходят из возможных значений напряженности электростатических полей до 20 кВ/м. Срок пребывания персонала в таких условиях неограничен. Укажем, что данные напряженности соответствуют потенциально возможным токам в нормальных условиях - до 40 мА, т.е. в 100 раз большим, чем естественно возможные. Такой ток уже способен вызывать болезненные ощущения (нарушение дыхания, сокращения мышц). Заметим, что ток в 70 мА уже сильно нарушает дыхание, а больший 200 мА останавливает его вовсе и дает сильные ожоги [9].

Таким образом, данный норматив защищает только от экстремальных ситуаций и не обеспечивает экологического

комфорта. Аналогичная ситуация имеет место и для других контролируемых факторов.

Очевидно, что подобные критерии не могут быть признаны справедливыми для учебных аудиторий, где риски ничем не скомпенсированы. Поэтому для них требования к техническим средствам обучения, создающим дополнительные нагрузки, должны исходить из подхода, основанного на принципе экологического комфорта.

В качестве одного из способов решения таких задач при использовании широко распространенных компьютеров в образовательной сфере мы предлагаем авторскую разработку в виде Интернет-пакета, которая содержит простейшие методики экологической самодиагностики и снижения нагрузок, реализуемые на основе стандартного лабораторного оборудования физических кабинетов [10].

Литература

1. Свердловская магнитная и метеорологическая обсерватория: 1836-1936 гг.: Сб. Свердловск, 1936.
2. Климат Свердловска. Л.: Гидрометеиздат, 1981.
3. Пospelова В.Ф. Южные циклоны на Урале и их термодинамические характеристики: Автореф. дис... канд. географ. наук. Пермь, 1968.
4. Тверской П.Н. Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1949.
5. О состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 1995 г. Гос. докл. / УРЦ "Аэрокосмоэкология". РИЭЦ. Екатеринбург, 1996.
6. Иванов Н.А. Геомагнитные исследования на Урале: Состояние и перспективы развития геофизических методов на Урале. Свердловск. Изд-во УрО АН СССР, 1971.
7. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: Сан. правила и нормат.: 2.2.2.542-96 / Госкомэпиднадзор РФ. М.: Медицина, 1996.

8. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене труда /Н.А.Жилова, В.Ф.Кириллов, В.Р.Кучма и др. М.: Медицина, 1993.
9. Медицинская и биологическая физика. М.: Высш. шк., 1996.
10. Литовский В.В. /Естественные диапазоны локальных геофизических факторов как принципиальная основа точечного экологического мониторинга и экологизации образовательных сред с ТСО // Физические проблемы экологии: Тез. докл. Всерос. конф. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. С.188.