

Научная статья

## ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ РАЗВИТИЯ КОМОРБИДНОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ У ДЕТЕЙ ПРИ СОЧЕТАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ФАКТОРОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Ю.В. Кольдибекова, М.А. Землянова, М.Ю. Цинкер

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045 г. Пермь, ул. Монастырская, 82

*Гигиеническая оценка сочетанного воздействия разнородных факторов на развитие коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у детей является актуальной задачей для раннего выявления и профилактики нарушений здоровья в условиях современных рисков и угроз.*

*Осуществлена оценка вероятности развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у детей школьного возраста (начальное общее образование) в условиях сочетанного воздействия химических факторов и факторов образовательного процесса.*

*Объектом исследований являлись: факторы образовательного процесса у детей в возрасте 7–10 лет, осуществляющих начальное общее образование с различными образовательными программами; содержание химических веществ в атмосферном воздухе, воздухе учебных помещений, крови; биохимические показатели негативных эффектов; модели причинно-следственных связей.*

*Результаты собственных исследований позволили идентифицировать приоритетные факторы воздействия и их долевой вклад в развитие негативных эффектов при коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения, обосновать биомаркеры негативных эффектов для задач ранней диагностики и разработки мер профилактики коморбидных нарушений у детей школьного возраста. Реализация алгоритма расчета и оценки степени обусловленности вероятности развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при сочетанном воздействии разнородных факторов предусматривает определение дополнительных случаев коморбидности заболеваний у детей, обучающихся по дополнительной образовательной программе, относительно уровня заболеваний у детей, обучающихся по базовой общеобразовательной программе.*

*Своевременная и адекватная коррекция выявленных факторов воздействия и разработка мер профилактики коморбидных нарушений позволит минимизировать риски развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у детей школьного возраста при сочетанном воздействии химических факторов окружающей, внутришкольной среды учебных помещений и образовательного процесса.*

**Ключевые слова:** химические факторы окружающей среды, факторы образовательного процесса, коморбидность заболеваний, биомаркеры негативных эффектов, причинно-следственные связи.

В современных условиях неудовлетворительное качество объектов окружающей среды, напряженный и интенсивный характер воспитательно-образовательного процесса, сопровождающийся снижением физической активности, способны оказывать сочетанное негативное воздействие на состояние ведущих систем жизнеобеспечения у детей школьного возраста. Это может проявляться функ-

циональными нарушениями со стороны органов пищеварения, в первую очередь в виде нарушений моторики вследствие изменения нервной регуляции, вызванной вегетативной дисфункцией в силу единого патогенетического механизма развития заболеваний (коморбидность) [1–5].

Результаты ряда российских исследований свидетельствуют о том, что в крови детей, прожи-

© Кольдибекова Ю.В., Землянова М.А., Цинкер М.Ю., 2020

**Кольдибекова Юлия Вячеславовна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник с выполнением обязанностей заведующего лабораторией метаболизма и фармакокинетики отдела биохимических и цитогенетических методов диагностики (e-mail: koldibekova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-15; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3924-4526>).

**Землянова Марина Александровна** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики (e-mail: zem@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8013-9613>).

**Цинкер Михаил Юрьевич** – младший научный сотрудник лаборатории ситуационного моделирования и экспертно-аналитических методов управления (e-mail: cinker@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>).

вающих в промышленно развитых регионах, обнаруживаются техногенные химические вещества, обладающие тропностью одновременно к центральной и вегетативной нервным системам, органам пищеварения [6, 7]. При этом механизм формирования негативных эффектов в виде функциональных нарушений нервной системы, моторных нарушений гастродуоденальной и билиарной сферы происходит на фоне оксидативного стресса и снижения неспецифической резистентности слизистой желудочно-кишечного тракта [8–11].

Помимо внешнесредовых факторов на состояние здоровья детей раннего школьного возраста в рамках современного инновационного образовательного пространства оказывают влияние преобладание умственного труда на фоне снижения физической активности, высокие статические нагрузки, сочетание основного и дополнительного образования без учета единовременной нагрузки на обучаемого [12, 13]. Длительное пребывание детей в условиях школьных перегрузок формирует невротические расстройства с последующей клинической манифестацией, нарушениями деятельности желудочно-кишечного тракта и других критических органов и систем [14].

В результате возникают дополнительные случаи заболеваний у детей одновременно со стороны органов пищеварения и нервной системы, рост частоты хронизации коморбидной патологии [15, 16]. Так, обращают на себя внимание неблагоприятные тенденции в увеличении более чем в два раза распространенности у детей, особенно находящихся в раннем школьном возрасте, болезней пищеварительной системы в виде хронического гастродуоденита, язвенной болезни желудка, дисфункции желчевыводящих путей, сочетающихся с функциональными нарушениями нервной системы в виде невротических и астенических расстройств, вегетососудистой дистонии [17–20].

Учитывая, что хроническая соматическая патология у взрослых может формироваться еще в дошкольно-школьном возрасте и в дальнейшем приводить к снижению качества их жизни и уровня трудовой активности, актуальным является выявление и предотвращение возникновения дополнительных случаев коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у детей раннего школьного возраста при сочетанном воздействии разнородных факторов. В связи с этим обоснование биомаркеров негативных эффектов коморбидности заболеваний у детей школьного возраста для задач ранней диагностики и профилактики нарушений здоровья в условиях современных рисков и угроз приобретает особое значение.

**Цель исследования** – оценка вероятности развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у детей школьного возраста, находящихся на ступеньках начального общего образования, в условиях сочетанного воздействия химических факторов и факторов образовательного процесса.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели выполнено углубленное обследование 60 школьников (мальчиков) в возрасте 7–10 лет, обучающихся в 1–4-х классах. Группу наблюдения составили 34 ребенка, имеющие в качестве основного или сопутствующего заболевания одновременно заболевания нервной системы и органов пищеварения (МКБ-10: G00–G99; K00–K93); осуществляющие начальное общее образование с реализацией дополнительных образовательных программ по типу физической и военной подготовки. Группу сравнения составили 26 учащихся, страдающие аналогичными заболеваниями, осуществляющие начальное общее образование по базовой общеобразовательной программе. Выборки детей по половозрастному составу, психологическому климату в семье, социально-бытовым условиям проживания, уровню материального обеспечения, по частоте и характеру вредных привычек и профессиональных вредностей у родителей были сопоставимыми.

На основании проведенной гигиенической оценки качества атмосферного воздуха по данным натурных наблюдений на территориях школ, воздуха в учебных помещениях начальных классов, а также установленной прямой адекватной модели зависимости концентрации химического вещества в крови от концентрации химического вещества в объекте окружающей среды из 11 анализируемых химических факторов в качестве маркера аэрогенной экспозиции обоснована концентрация фенола в крови выше 0,014 мг/дм<sup>3</sup>.

На основании результатов оценки совокупности несоответствий режима образовательного процесса требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10 и напряженности учебной деятельности рекомендациям ФР РОШУМЗ-16-2015, а также установленной прямой модели зависимости развития у школьников заболеваний нервной системы и органов пищеварения от воздействия факторов образовательного процесса из 18 анализируемых факторов в качестве маркеров экспозиции образовательного процесса обоснованы четыре фактора (интеллектуальные, эмоциональные нагрузки, монотонность нагрузок и продолжительность непрерывного использования технических средств обучения (ТСО))<sup>1</sup>.

По данным научной литературы сформирован перечень из 30 лабораторных показателей, отражающих патогенетический механизм развития нега-

<sup>1</sup> СанПиН 2.4.2.2821-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях [Электронный ресурс] / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29 декабря 2010 года № 189 // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901765645> (дата обращения: 20.04.2020); ФР РОШУМЗ-16-2015. Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся: Федеральные рекомендации по оказанию медицинской помощи обучающимся. – М., 2015. – 18 с.

тивных эффектов со стороны нервной системы и органов пищеварения. В результате моделирования зависимостей «маркер экспозиции – индикаторный показатель ответа – негативный эффект в виде болезни нервной системы и органов пищеварения» в качестве биомаркеров коморбидности заболеваний у школьников при сочетанном воздействии фенола, интеллектуальных, эмоциональных и монотонных нагрузок, продолжительности непрерывного использования технические средства обучения обоснованы повышение ацетилхолинэстеразы и пепсिनогена I в сыворотке крови.

Расчет суммарной вероятности развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения с последующей количественной оценкой степени ее обусловленности сочетанным воздействием разнородных факторов проводили в соответствии с алгоритмом, разработанным совместно со специалистами отдела математического моделирования систем и процессов.

Алгоритм расчета включал осуществления следующих этапов.

*Этап 1* – расчет вероятности отклонения от физиологической нормы  $k$ -го биомаркера эффекта, связанного с повышенным содержанием фенола в крови и воздействием факторов образовательной деятельности на основе оценки зависимости «маркер экспозиции – биомаркер эффекта», которую устанавливали отдельно для каждого  $k$ -го биомаркера с каждым  $i$ -м воздействующим фактором по формуле

$$P_i^k = \frac{1}{1 + e^{-(b_0^k + b_1^k x)}}, \quad (1)$$

где  $P_i^k$  – расчетная вероятность отклонения от физиологической нормы  $k$ -го биомаркера эффекта, связанного с повышенным содержанием фенола в крови и воздействием факторов образовательного процесса;

$x$  – концентрация фенола в крови, мг/дм<sup>3</sup>, или фактор образовательного процесса (усл. ед.);

$e$  – экспонента – показательная функция с основанием, равным иррациональному числу;

$b_0^k, b_1^k$  – параметры математической модели, определение которых произведено методом наименьших квадратов с применением пакетов программ по статистическому анализу данных (Statistica, SPSS, SAS и др.).

*Этап 2* – расчет вероятности развития негативного эффекта по типу синтропии со стороны нервной системы и органов пищеварения (в виде заболевания) при отклонении  $k$ -го биомаркера эффекта от физиологической нормы по формуле

$$P_k^n = \frac{1}{1 + e^{-(b_0^n + b_1^n x)}}, \quad (2)$$

где  $P_k^n$  – расчетная вероятность развития негативного эффекта по типу синтропии со стороны нервной системы и органов пищеварения (в виде заболева-

ния) при отклонении  $k$ -го биомаркера эффекта от физиологической нормы;

$x$  – уровень  $k$ -го биомаркера эффекта, нг/мл или мкг/л;

$e$  – экспонента – показательная функция с основанием, равным иррациональному числу;

$b_0^n, b_1^n$  – параметры математической модели.

*Этап 3* – расчет общей вероятности возникновения коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при изолированном воздействии фенола, интеллектуальных нагрузок, монотонности нагрузок, эмоциональных нагрузок и непрерывного использования технических средств обучения по формуле

$$P_i^n = 1 - \prod_k (1 - P_k^n \cdot P_i^k), \quad (3)$$

где  $P_i^n$  – общая вероятность возникновения коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при изолированном воздействии одного из факторов;

$P_i^k$  – вероятность отклонения  $k$ -го биомаркера от физиологической нормы при повышенном содержании фенола в крови или действии одного из анализируемых факторов образовательного процесса;

$P_k^n$  – вероятность развития негативного эффекта по типу синтропии со стороны нервной системы и органов пищеварения (в виде заболевания) при установленном уровне  $k$ -го биомаркера;

$\prod_k$  – произведение значений, полученных при выполнении действия  $(1 - P_k^n \cdot P_i^k)$ , то есть для  $k$  биомаркеров ( $k = 2$ ) формула принимает вид

$$\prod_{k=1}^2 = (1 - P_{k_1}^n \cdot P_i^{k_1}) \cdot (1 - P_{k_2}^n \cdot P_i^{k_2}).$$

*Этап 4* – расчет суммарной вероятности развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при сочетанном воздействии факторов по формуле

$$\sum P_i = 1 - (1 - P_{i_1}^n) \cdot (1 - P_{i_2}^n) \times \\ \times (1 - P_{i_3}^n) \cdot (1 - P_{i_4}^n) \cdot (1 - P_{i_5}^n), \quad (4)$$

где  $\sum P_i$  – суммарная вероятность развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при сочетанном воздействии разнородных факторов;

$P_{i_1}^n$  – общая вероятность возникновения коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при изолированном воздействии фенола;

$P_{i_2}^n$  – общая вероятность возникновения коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при изолированном воздействии фактора интеллектуальных нагрузок;

$P_{i_3}^n$  – общая вероятность возникновения коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при изолированном воздействии фактора монотонности нагрузок;

$P_{i_4}^n$  – общая вероятность возникновения коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при изолированном воздействии фактора эмоциональных нагрузок;

$P_{i_5}^n$  – общая вероятность возникновения коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при изолированном воздействии фактора непрерывного использования технических средств обучения.

Критерием ассоциированности негативных эффектов в виде коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения с длительной аэрогенной экспозицией фенола и действием интеллектуальных, эмоциональных и монотонных нагрузок, продолжительностью непрерывного использования технических средств обучения являются расчетные величины – общая вероятность при изолированном воздействии ( $P_i^n > 0,05$ ) и суммарная вероятность при комбинированном воздействии ( $\sum P_i > 0,05$ ), степень обусловленности которых сочетанным действием факторов оценивали в соответствии с предложенной шкалой:  $0,05 \leq \sum P_i$  или  $P_i^n \leq 0,3$  – низкая;  $0,31 \leq \sum P_i$  или  $P_i^n \leq 0,6$  – средняя;  $0,61 \leq \sum P_i$  или  $P_i^n \leq 1,0$  – высокая.

**Результаты и их обсуждение.** Оценка и параметризация зависимости «маркер экспозиции – биомаркер эффекта» позволили установить вероятность отклонения каждого биомаркера негативного эффекта (ацетилхолинэстераза и пепсиноген I) от физиологической нормы, связанного с повышенным содержанием фенола в крови и воздействием интеллектуальных, эмоциональных и монотонных нагрузок, продолжительности непрерывного использования технических средств обучения ( $P_i^k$ ) (табл. 1). Оценка и параметризация зависимости «биомаркер негативного эффекта – негативный эффект синтропии» позволила установить вероятность развития негативного эффекта по типу синтропии ( $P_k^n$ ) со стороны нервной системы и органов пищеварения при повышении ацетилхолинэстеразы и пепсиногена I относительно физиологической нормы (табл. 2).

Общая вероятность развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения в условиях изолированного аэрогенного воздействия фенола у школьников, осваивающих дополнительную программу обучения, составила 0,028, и в условиях изолированного воздействия факторов образовательного процесса – от 0,221 до 0,248 в зависимости от анализируемого фактора. Оценка полученных расчетных величин показала низкую степень обусловленности. Долевой вклад в развитие негативного эффекта при действии только химического фактора (фенола) составил 2,8 %, факторов образовательной среды – от 22,4 до 27,2 %.

Т а б л и ц а 1

Параметры  $b_0^k$  и  $b_1^k$  для расчета вероятности ( $P_i^k$ ) отклонения биомаркера негативного эффекта от физиологической нормы при повышенной концентрации фенола в крови и действии факторов образовательного процесса

Маркер экспозиции $i$	Биомаркер негативного эффекта в сыворотке крови $k$	Параметры модели «маркер экспозиции – биомаркер негативного эффекта»		Вероятность отклонения биомаркера негативного эффекта от физиологической нормы $P_i^k$
		$b_0^k$	$b_1^k$	
Фенол в крови	Ацетилхолинэстераза	-5,22	89,14	0,022
	Пепсиноген I	-6,43	184,73	0,030
Интеллектуальные нагрузки	Ацетилхолинэстераза	-4,49	1,35	0,200
	Пепсиноген I	-3,05	1,11	0,379
Монотонность нагрузок	Ацетилхолинэстераза	-4,22	1,35	0,200
	Пепсиноген I	-2,94	0,74	0,200
Эмоциональные нагрузки	Ацетилхолинэстераза	-4,22	2,02	0,200
	Пепсиноген I	-2,94	1,11	0,200
Продолжительность непрерывного использования технических средств обучения	Ацетилхолинэстераза	-2,59	0,74	0,250
	Пепсиноген I	-2,42	0,34	0,150

Т а б л и ц а 2

Параметры  $b_0^n$  и  $b_1^n$  для расчета вероятности ( $P_k^n$ ) развития негативного эффекта синтропии при отклонении каждого  $k$ -го биомаркера эффекта

Биомаркер негативного эффекта в сыворотке крови $k$	Негативный эффект $n$	Параметры модели «биомаркер эффекта – негативный эффект (заболевание)»		Вероятность развития негативного эффекта синтропии $P_k^n$
		$b_0^n$	$b_1^n$	
Ацетилхолинэстераза	Коморбидность заболеваний нервной системы (G00-99) и органов пищеварения (K00-93)	-0,38	0,09	0,844
Пепсиноген I		-4,38	0,03	0,320

Сравнительный анализ суммарной вероятности развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у школьников, осуществляющих начальное общее образование, в условиях сочетанного воздействия химических факторов окружающей, внутришкольной среды и факторов образовательного процесса показал, что у школьников, обучающихся в общеобразовательных организациях по базовой общеобразовательной программе, суммарная вероятность составила  $\sum P_i = 0,55$ , что оценивается как средняя степень обусловленности. У школьников, обучающихся в общеобразовательных организациях с реализацией дополнительных образовательных программ по типу физической и военной подготовки, суммарная степень вероятности составила  $\sum P_i = 0,68$ , что оценивается как высокая степень обусловленности развития коморбидности заболеваний. Вероятность развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при отсутствии воздействия какого-либо фактора ( $P_0^n$ ) составила 0,38, что характеризуется как низкая степень обусловленности. Данный показатель обусловленности является наиболее низким, что позволило его оценить как «фоновый».

Реализация алгоритма расчета и оценки степени обусловленности вероятности развития комор-

бидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у детей, обучающихся по различным программам образования, при сочетанном воздействии разнородных факторов позволила определить количество дополнительных случаев коморбидности заболеваний. Сравнительный анализ уровня коморбидности заболеваний у детей школьного возраста, выполненный на примере учащихся Пермского края, показал, что у обучающихся в общеобразовательных организациях по базовой общеобразовательной программе количество дополнительных случаев составляет 0,2 случая в год, у школьников общеобразовательных организаций с реализацией дополнительных образовательных программ по типу физической и военной подготовки – 0,3 случая в год (кратность различий 1,5 раза) (табл. 3).

Следовательно, у детей, обучающихся в начальных классах по образовательным программам, ориентированным на физическую и военную подготовку, при сохраняющемся сочетанном воздействии разнородных факторов прогнозируется порядка 298 дополнительных случаев развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения на 1000 человек в год; при реализации базовой общеобразовательной программы – до 172 дополнительных случаев коморбидности заболеваний на 1000 человек в год.

Таблица 3

Дополнительные случаи возникновения коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при сочетанном воздействии факторов окружающей, внутришкольной среды учебных помещений, образовательного процесса у школьников (на примере Пермского края)

Показатель	Дополнительная образовательная программа по типу физической и военной подготовки	Базовая общеобразовательная программа
Количество школ*, шт.	2	8
Средняя наполняемость учебных классов**, количество человек	20	25
Общее количество начальных классов, шт.	4	4
Количество параллельных классов в начальной школе, шт.	3	5
Общее количество учащихся в начальной школе, количество человек	480	4000
Дополнительная расчетная вероятность развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения при сочетанном воздействии изучаемых факторов $\Delta P_i^n$	0,298	0,172
Количество дополнительных случаев возникновения коморбидности заболеваний, абс.	143	688
Количество дополнительных случаев возникновения коморбидности заболеваний, случаев/1000 учащихся начальной школы в год	298	172

Примечание:

\* – информация о количестве общеобразовательных организаций с различными образовательными программами представлена в Единой информационно-аналитической системе (ЕИАС) в сфере образования;

\*\* – информация о средней наполняемости учебных классов представлена в соответствии с приказом Департамента образования администрации г. Перми<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Об утверждении типовых штатных нормативов административно-руководящего, учебно-вспомогательного, младшего обслуживающего персонала образовательных учреждений г. Перми: Приказ Департамента образования Администрации города Перми от 29.06.2001 г. № 509 [Электронный ресурс] // Гарант: информационно-правовое обеспечение. – URL: <http://base.garant.ru/43079860/#friends> (дата обращения: 20.04.2020).

**Выводы.** Для снижения уровня коморбидных нарушений у детей школьного возраста при сочетании воздействии факторов окружающей среды и образовательного процесса обоснованные приоритетные факторы воздействия и их долевой вклад в развитие негативных эффектов одновременно со стороны нервной системы и органов пищеварения подлежат адекватной коррекции в зависимости от степени обусловленности коморбидности заболева-

ний, а обоснованные биомаркеры негативных эффектов необходимо учитывать для повышения эффективности ранней диагностики и разработки мер профилактики.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся 5–10 классов общеобразовательных школ / В.Р. Кучма, Н.В. Ефимова, Е.А. Ткачук, И.В. Мыльникова // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 6. – С. 552–558.
2. Школа здоровья: организация работы, мониторинг развития эффективности (аудит школы в сфере здоровье сбережения детей) / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, И.К. Рапопорт, М.И. Степанова, П.И. Храмцов, И.В. Звездина, И.Э. Александрова, Н.А. Бокарева, С.Б. Соколова. – М.: Просвещение, 2011. – 142 с.
3. Писарева А.Н. Образ жизни и поведенческие факторы риска формирования здоровья школьников // Медицинский альманах. – 2017. – Т. 2, № 47. – С. 37–48.
4. Bloom S., Ghatei M., Bech P. Measurement of gut hormones in plasma // *Methods. Mol. Biol.* – 2013. – № 1065. – P. 147–170. DOI: 10.1007/978-1-62703-616-0\_10
5. Билиарные дисфункции у детей в условиях аэрогенного воздействия алифатических альдегидов / О.Г. Толмачева, О.Ю. Устинова, О.А. Маклакова, Ю.А. Ивашова // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2018. – С. 397–402.
6. Патогенез хронических гастродуоденитов, обусловленных потреблением питьевой воды с повышенным содержанием продуктов гиперхлорирования и марганца / Н.В. Зайцева, О.Ю. Устинова, К.П. Лужецкий, О.А. Маклакова // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2015. – № 1. – С. 53–57.
7. Нарушение биохимических и иммунологических показателей при хроническом гастродуодените у детей в условиях техногенного загрязнения среды обитания / М.А. Землянова, О.В. Пустовалова, Ю.В. Городнова, Т.С. Лыхина // Экология человека. – 2010. – № 12. – С. 3–9.
8. Алексеева Е.В., Попова Т.С., Сальников П.С. Глутаматергическая нейромедиаторная система в регуляции моторной активности желудочно-кишечного тракта // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2015. – Т. 59, № 3. – С. 132–149.
9. Kirchgessner A.L. Glutamate in the enteric nervous system // *Curr. Opin. Pharmacol.* – 2001. – Vol. 1, № 6. – P. 591–600. DOI: 10.1016/s1471-4892(01)00101-1
10. Heavy metal quantification of classroom dust in school environment and its impacts on children health from Rawang (Malaysia) / S.Y. Tan, S.M. Praveena, E.Z. Abidin, M.S. Cheema // *Environmental science and pollution research international.* – 2018. – Vol. 25, № 34. – P. 34623–34635. DOI: 10.1007/s11356-018-3396-x
11. Children environmental exposure to particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons and biomonitoring in school environments: A review on indoor and outdoor exposure levels, major sources and health impacts / M. Oliveira, K. Slezakova, C. Delerue-Matos, M.C. Pereira, S. Morais // *Environment international.* – 2019. – Vol. 124. – P. 180–204. DOI: 10.1016/j.envint.2018.12.052
12. Physical activity and cardiovascular risk factors in children / L.B. Andersen, C. Riddoch, S. Kriemler, A. Hills // *British Journal of Sports Medicine.* – 2011. – Vol. 45, № 11. – P. 871–876. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090333
13. Psychosocial correlates of physical activity in school children aged 8–10 years / A.C. Seabra, A.F. Seabra, D.M. Mendonça, R. Brustad, J.A. Maia, A.M. Fonseca, R.M. Malina // *The European Journal of Public Health.* – 2013. – Vol. 23, № 5. – P. 794–798. DOI: 10.1093/eurpub/cks149
14. Вишневецкий В.А. Анализ школьного расписания с учетом здоровья детей // Гигиена и санитария. – 2005. – № 3. – С. 43–44.
15. Иванов Д.О., Орел В.И. Современные особенности здоровья детей мегаполиса // Медицина и организация здравоохранения. – 2016. – № 1. – С. 6–11.
16. Вклад отдельных возрастных групп населения в формирование общей заболеваемости по данным обращаемости в федеральных округах Российской Федерации / А.А. Савина, С.А. Леонов, И.М. Сон, С.И. Фейгинова // Социальные аспекты здоровья населения. – 2018. – № 3. – С. 1–13.
17. Клинические рекомендации Российской гастроэнтерологической ассоциации по диагностике и лечению дискинезии желчевыводящих путей / В.Т. Ивашкин, И.В. Маев, Ю.О. Шульпекова, Е.К. Баранская, А.В. Охлобистин, А.С. Трухманов, Т.Л. Лапина, А.А. Шептулин // *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии.* – 2018. – Т. 28, № 3. – С. 63–86.
18. Заболеваемость детей в возрасте от 5 до 15 лет в Российской Федерации / Л.С. Намазова-Баранова, В.Р. Кучма, А.Г. Ильин, Л.М. Сухарева, И.К. Рапопорт // *Медицинский совет.* – 2014. – № 1. – С. 6–10.

19. Аникина Е.А., Балабина Н.М. Распространенность, факторы риска и клиническое течение синдрома вегетативной дисфункции // Сибирский медицинский журнал. – 2011. – № 3. – С. 23–27.

20. Возрастные особенности вегетативного статуса у детей с синдромом вегетативной дистонии / В.А. Шашель, Л.А. Подпорина, Г.Б. Панеш, Д.С. Пономаренко, П.Е. Добряков // Кубанский научный медицинский вестник. – 2017. – Т. 24, № 4. – С. 169–172.

*Оценка вероятности развития коморбидности заболеваний нервной системы и органов пищеварения у детей при сочетании воздействии химических факторов и факторов образовательного процесса / Ю.В. Кольдибекова, М.А. Землянова, М.Ю. Цинкер // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 100–107. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.12*

UDC 612-06; 371.7

DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.12.eng

Read  
online



Research article

## ASSESSING PROBABILITY OF COMORBID DISEASES OF THE CNS AND DIGESTIVE ORGANS IN CHILDREN UNDER COMBINED EXPOSURE TO CHEMICAL FACTORS AND FACTORS RELATED TO EDUCATIONAL PROCESS

**Yu.V. Kol'dibekova, M.A. Zemlyanova, M.Yu. Tsinker**

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

---

*Hygienic assessment of combined effects produced by heterogeneous factors on comorbid diseases in the nervous system and digestive organs in children is vital for early detection and prevention of health disorders given existing risks and threats.*

*Our research goal was to estimate probability of comorbid diseases in the nervous system and digestive organs in children attending primary schools under combined exposure to chemical factors and factors related to the educational process.*

*Our research objects were factors related to the educational process that produced their effects on children aged 7–10 who attended primary schools with different educational programs; chemicals contents in ambient air and air inside classrooms as well as in children's blood; biochemical parameters of negative effects; models showing cause-and-effect relations.*

*Our research results allowed us to identify priority influencing factors and their share contributions into negative effects development in case there was comorbidity with nervous system diseases and digestive organs diseases; to give grounds for biological markers of negative effects applied for early diagnostics and development of activities aimed at preventing comorbid disorders for schoolchildren. Implementation of an algorithm for calculating and estimating probability of comorbid diseases in the nervous system and digestive organs under combined exposure to heterogeneous factors involves determining additional comorbidity cases among children who attend schools with more comprehensive educational programs in comparison with children attending ordinary schools.*

*Timely and adequate correction of detected influencing factors and development of activities aimed at preventing comorbid health disorders will allow minimizing risks of comorbid diseases in the nervous system and digestive organs in school children under combined exposure to chemical factors existing in the environment and inside classroom and factors related to the educational process.*

**Key words:** *chemical environmental factors, factors related to the educational process, comorbidity of diseases, bio-markers of negative effects, cause-and-effect relations.*

---

© Kol'dibekova Yu.V., Zemlyanova M.A., Tsinker M.Yu., 2020

**Yuliya V. Koldibekova** – Candidate of Biological Sciences, Senior researcher acting as the Head of the Laboratory for Metabolism and Pharmacokinetics at the Department for Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Techniques (e-mail: koldibekova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-15; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3924-4526>).

**Marina A. Zemlyanova** – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher acting as the Head of the Department for Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Techniques (e-mail: zem@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-39-30; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8013-9613>).

**Mikhail Y. Tsinker** – Junior Research Associate of Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: cinker@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>).

## References

1. Kuchma V.R., Efimova N.V., Tkachuk E.A., Myl'nikova I.V. Hygienic assessment of the overwroughtness of educational activity in schoolchildren of 5–10 classes of secondary schools. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 6, pp. 552–558 (in Russian).
2. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Stepanova M.I., Khramtsov P.I., Zvezdina I.V., Aleksandrova I.E., Bokareva N.A., Sokolova S.B. Shkola zdorov'ya: organizatsiya raboty, monitoring razvitiya effektivnosti (audit shkoly v sfere zdorov'esberezheniya detei) [School of health: work organization and monitoring over efficiency development (audit of educational processes regarding children's health preservation)]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 2011, 142 p. (in Russian).
3. Pisareva A.N. Way of life and conduct risk factors of forming health of schoolchildren. *Meditinskii al'manakh*, 2017, vol. 2, no. 47, pp. 37–48 (in Russian).
4. Bloom S., Ghatei M., Bech P. Measurement of gut hormones in plasma. *Methods Mol Biol*, 2013, no. 1065, pp. 147–170. DOI: 10.1007/978-1-62703-616-0\_10
5. Tolmacheva O.G., Ustinova O.Yu., Maklakova O.A., Ivashova Yu.A. Biliarnye disfunktsii u detei v usloviyakh aerogenogo vozdeistviya alifaticeskikh al'degidov [Biliary dysfunctions in children under aerogenic exposure to aliphatic aldehydes]. *Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebitel'ei: materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Perm', Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta Publ., 2018, pp. 397–402 (in Russian).
6. Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Luzhetskii K.P., Maklakova O.A. Chronic gastroduodenitis pathogenesis caused by drinking water consumption with a high content of hyperchlorination products and manganese. *Vestnik Permskogo Universiteta. Seriya: Biologiya*, 2015, no. 1, pp. 53–57 (in Russian).
7. Zemlyanova M.A., Pustovalova O.V., Gorodnova Yu.V., Lykhina T.S. Disturbance of biochemical and immunological indicators in chronic gastroduodenitis in children in conditions of environmental technogenic pollution. *Ekologiya cheloveka*, 2010, no. 12, pp. 3–9 (in Russian).
8. Alekseeva E.V., Popova T.S., Sal'nikov P.S. Glutamatergic neurotransmitter system in regulation of the gastrointestinal tract motor activity. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*, 2015, vol. 59, no. 3, pp. 132–149 (in Russian).
9. Kirchgessner A.L. Glutamate in the enteric nervous system. *Curr. Opin. Pharmacol*, 2001, vol. 1, no. 6, pp. 591–600. DOI: 10.1016/s1471-4892(01)00101-1
10. Tan S.Y., Praveena S.M., Abidin E.Z., Cheema M.S. Heavy metal quantification of classroom dust in school environment and its impacts on children health from Rawang (Malaysia). *Environmental science and pollution research international*, 2018, vol. 25, no. 34, pp. 34623–34635. DOI: 10.1007/s11356-018-3396-x
11. Oliveira M., Slezakova K., Delerue-Matos C., Pereira M.C., Morais S. Children environmental exposure to particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons and biomonitoring in school environments: A review on indoor and outdoor exposure levels, major sources and health impacts. *Environment international*, 2019, vol. 124, pp. 180–204. DOI: 10.1016/j.envint.2018.12.052
12. Andersen L.B., Riddoch C., Kriemler S., Hills A. Physical activity and cardiovascular risk factors in children. *British Journal of Sports Medicine*, 2011, vol. 45, no. 11, pp. 871–876. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090333
13. Seabra A.C., Seabra A.F., Mendonça D.M., Brustad R., Maia J.A., Fonseca A.M., Malina R.M. Psychosocial correlates of physical activity in school children aged 8–10 years. *The European Journal of Public Health*, 2013, vol. 23, no. 5, pp. 794–798. DOI: 10.1093/eurpub/cks149
14. Vishnevskii V.A. Analiz shkol'nogo raspisaniya s uchetom zdorov'ya detei [Analysis of classes schedule taking into account children's health]. *Gigiena i sanitariya*, 2005, no. 3, pp. 43–44 (in Russian).
15. Ivanov D.O., Orel V.I. The modern features of health of children of the metropolis. *Meditsina i organizatsiya zdorovookhraneniya*, 2016, no. 1, pp. 6–11 (in Russian).
16. Savina A.A., Leonov S.A., Son I.M., Feiginova S.I. Contribution of individual age groups in prevalence based on care seeking data in the federal districts of the Russian Federation. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2018, no. 3, pp. 1–13 (in Russian).
17. Ivashkin V.T., Maev I.V., Shul'pekova Yu.O., Baranskaya E.K., Okhlobystin A.V., Trukhmanov A.S., Lapina T.L., Sheptulin A.A. Diagnostics and treatment of biliary dyskinesia: clinical guidelines of the Russian gastroenterological association. *Rossiiskii zhurnal gastroenterologii, gepatologii, koloproktologii*, 2018, vol. 28, no. 3, pp. 63–86 (in Russian).
18. Namazova-Baranova L.S., Kuchma V.R., Il'in A.G., Sukhareva L.M., Rapoport I.K. Morbidity of children aged 5 to 15 years in the Russian Federation. *Meditinskii sovet*, 2014, no. 1, pp. 6–10 (in Russian).
19. Anikina E.A., Balabina N.M. Prevalence, risk factors and clinical course of vegetative dysfunction syndrome. *Sibirskii meditsinskii zhurnal*, 2011, no. 3, pp. 23–27 (in Russian).
20. Shashel' V.A., Podporina L.A., Panesh G.B., Ponomarenko D.S., Dobryakov P.E. Age-related aspects of vegetative status in children with vegetative dystonia syndrome. *Kubanskii nauchnyi meditsinskii vestnik*, 2017, vol. 24, no. 4, pp. 169–172 (in Russian).

*Kol'dibekova Yu.V., Zemlyanova M.A., Tsinker M.Yu. Assessing probability of comorbid diseases of the CNS and digestive organs in children under combined exposure to chemical factors and factors related to educational process. Health Risk Analysis*, 2020, no. 3, pp. 100–107. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.12.eng

Получена: 03.06.2020

Принята: 17.08.2020

Опубликована: 30.09.2020