



Научная статья

МНОГОЛЕТНЯЯ ЭКСПОЗИЦИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГЕРБИЦИДАМИ / ДИОКСИНОМ КАК ФАКТОР РИСКА ЗДОРОВЬЮ

Трин Хак Сау, Ле Ван Куанг

Институт тропической медицины, Совместный Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр, Вьетнам, район Кау Гиай, г. Ханой, ул. Нгуен Ван Хуен, 63

Во время войны во Вьетнаме в 1961–1971 гг. американские военные распылили примерно 80 млн л гербицидов на территории Южного Вьетнама. Хранилища гербицидов были расположены в аэропортах Бьен Хоа, Да Нанг и Пху Кат; также эти районы считаются опасными по критерию остаточного диоксида. В связи с этим изучены структура заболеваемости и риски для здоровья 1039 участников исследования, проживающих около аэропортов Бьен Хоа, Да Нанг и Пху Кат (группа исследования), и 400 участников, проживающих в районе Сон Тра города Да Нанг на удалении от аэропорта Да Нанг (контрольная группа).

Результаты анализа показывают, что распространенность некоторых заболеваний, связанных с гербицидами / диоксином, довольно высока в группе исследования: гипертония – 23,0–33,6 % (в среднем 29,6 %), диабет – 3,50–13,0 % (в среднем 9,62 %), а также некоторых других, например, заболеваний желудка – 23,6–37 % (в среднем 26,3 %), суставов – 34,6–40,3 % (в среднем 37,8 %), ЛОР-органов – 9,5–17,4 % (в среднем 15,5 %), почек и мочевыделительной системы – 4,5–7,2 % (в среднем 6 %). Данные доли были от 1,5 до 9 раз выше в группе исследования, чем в контрольной. Участники, которые проживали и работали на территории вблизи аэропорта, были подвержены более высокому риску данных заболеваний. Структура заболеваемости по данным классам болезней зависит от пола и возраста в обеих группах, но решающим фактором остается экспозиция гербицидами / диоксином. Так, экспозиция гербицидами / диоксином изменила клиническую картину заболевания и привела к появлению более явных симптомов заболеваний у людей, проживающих на территориях, где ранее хранились гербициды / диоксин.

Ключевые слова: гербициды, диоксин, горячая точка, заболевания, риски здоровью, Да Нанг, Бьен Хоа, Пху Кат.

Во время войны во Вьетнаме, за период с 1961 по 1971 г., американские военные применили и распылили примерно 80 млн л гербицидов, включая «эйджент оранж», «эйджент уайт», «эйджент грин», «эйджент пинк», и т. д. Среди всех гербицидов наиболее часто применялся агент «Оранж» (61 %), который содержал примерно 366 кг диоксида [1, 2]. Гербициды были распылены на территории площадью примерно 2,63 млн гектаров, что составляет 15,2 % всей территории Южного Вьетнама. В аэропортах Бьен Хоа, Да Нанг и Пху Кат располагались американские военные и там же во время войны хранились гербициды и диоксин [3]. Агент «Оранж» / диоксин способен наносить разнообразный и комплексный ущерб организму человека и вызывать

такие заболевания, как рак, повреждение кожи, болезни печени, щитовидной железы, диабет и гипертонию; он токсичен для органов дыхания, кровообращения, пищеварения, эндокринной и нервной систем, а также может вызывать мутации в генах и хромосомах, приводя к врожденным дефектам и репродуктивной дисфункции [4, 5].

Лица, проживающие вблизи аэропортов Бьен Хоа, Да Нанг и Пху Кат, подвергаются риску экспозиции диоксином [3, 6]. В работах М. Nishijo et al. [7] показано, что концентрации диоксида в грудном молоке матерей, проживающих в районах Тханг Кхе и Сон Тра города Да Нанг, находятся в диапазоне 3,73–72,3 пг токсического эквивалента (ТЕQ)/г липоида, а средний уровень составляет 14,2 пг ТЕQ/г

© Трин Хак Сау, Ле Ван Куанг, 2024

Трин Хак Сау – доктор химических наук, директор (e-mail: sau_tk@yahoo.com; тел.: +84 912-206-942; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5024-9936>).

Ле Ван Куанг – доктор медицинских наук (e-mail: lequang217@gmail.com; тел.: +84 813-262-933; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5286-3940>).

липоида. Концентрации диоксина в грудном молоке были выше на тех территориях, где хранились или расплывались гербициды, чем на условно чистых территориях [8–10]. Средний TEQ в молоке матерей, проживающих в районах хранения диоксина (Пху Кат, Тханг Кхе и Сон Тра, 2008–2009), на территориях, где расплывался токсин (Кам Ло в провинции Куанг Три, 2002–2003), и на территориях, где отсутствовало загрязнение (Кам Ксюен в провинции Ха Тинх, 2002–2003, и Ким Банг в провинции Ха Нам, 2008), составил 14,1; 10,9 и 4,09 пг/г липоида соответственно для первой беременности и 11,5; 7,56 и 2,84 пг/г липоида для второй и последующих беременностей [11].

Т.Т. Tuyet-Nanh et al. [12] оценили среднюю суточную дозу (ADD) диоксина в пищевых продуктах местного производства в районе Тханг Кхе города Да Нанг; она составила от 27 до 148 пг TEQ/кг массы тела в день (м.т./день), что существенно превышает допустимую суточную дозу (TDI) для диоксина (от 1 до 4 пг TEQ/кг м.т./день), рекомендованную ВОЗ [13]. Оценка риска здоровью, вызванного экспозицией аэрогенным диоксином, показала, что для людей, проживающих вблизи аэропорта Да Нанг, и рабочих, занятых на складах, суточная доза при ингаляционном воздействии на территории к северо-западу от аэропорта находилась в диапазоне 0,007–0,052 пг TEQ/кг м.т./день. К северу от аэропорта среднесуточные дозы достигали 0,006–0,129 пг TEQ/кг м.т./день. На территории, где в прошлом смешивался и загружался агент «Оранж», среднесуточные дозы составляли 0,16–0,21 пг TEQ/кг м.т./день. Следует отметить, что максимальный уровень воздействия, равный 0,61–0,82 пг TEQ/кг м.т./день, более чем на 10 % превышает допустимую суточную дозу (0,1–0,4 пг TEQ/кг м.т./день) при ингаляционном воздействии [14].

Цель исследования – изучение структуры заболеваемости и рисков для здоровья населения, проживающего вблизи аэропортов Да Нанг, Бьен Хоа и Пху Кат (далее – группа исследования), и для населения, проживающего в районе Сон Тра на удалении от аэропорта Да Нанг (далее – контрольная группа).

Материалы и методы. В группу исследования были включены участники, проживающие на трех территориях: Бьен Хоа (БХ), Тханг Кхе-Да Нанг (ТК) и Пху Кат (ПК). Всего 1039 человек, в настоящее время проживающих на территориях вблизи аэропортов Да Нанг, Бьен Хоа и Пху Кат и мест, где армия США в прошлом хранила гербициды / диоксин. Контрольная группа состояла из 400 человек, проживающих в районе Сон Тра города Да Нанг.

Участники исследования отбирались по критериям места проживания, которое должно было находиться на одной из выбранных территорий наблюдения, и времени проживания на данной территории, которое должно было составлять не менее пяти лет. Возраст участников исследования варьировался от 18 до 69 лет. При включении в исследо-

вание предпочтение отдавалось женщинам, поскольку одной из целей было изучение репродуктивного здоровья, а также потому, что женщины, как правило, склонны давать более распространенные ответы о заболеваниях членов семьи.

Территория БХ была исследована в июле 2020 г. в рамках четырех административных районов города Бьен Хоа: Тан Фонг, Трунг Дунг, Куанг Винх и Буу Лонг.

Территория ТК была исследована в марте 2021 г. в рамках четырех административных районов провинции Тханг Кхе: Хоа Кхе, Ан Кхе, Чинх Жиан и Тхак Жиан.

Территория ПК была исследована в апреле 2022 г. в рамках двух административных районов: Кат Тан в Пху Кат и Нхон Тханг города Ан Нхон, провинция Бин Дин.

Территория проживания контрольной группы была исследована в октябре 2021 г. в рамках трех административных районов: Ан Хай Донг, Ан Ха Тай и Пхуок Май района Сон Тра.

Данное исследование является поперечным, описательным, биомедицинским (при помощи анкетирования и личных интервью изучались существующие риски экспозиции диоксином, состояние здоровья, а также некоторые заболевания и нарушения здоровья, которые могут быть вызваны экспозицией диоксином). Для анализа данных исследования применялись статистические методы.

Анкета состояла из 85 вопросов для сбора общих данных, данных о состоянии здоровья, анамнезе, акушерском анамнезе, экспозиции боевыми токсинами, рационе и других факторах риска, которые могут быть связаны с экспозицией гербицидами / диоксином.

Данные были обработаны при помощи программы Excel. Статистический анализ проводился в программе IBM SPSS Statistics 20 согласно традиционным методам биомедицинской статистики. Результаты представлены как: среднее (X), стандартное отклонение (SD), доля (%); статистическая значимость $p < 0,05$.

Согласно данным, приведенным на рис. 1, доля участников в возрасте 45–69 лет была сходна во всех подгруппах и группах исследования: люди данного возраста составляли большую часть как группы исследования (ГИ), так и группы контроля (ГК) (ГИ: 73,5 % и ГК: 68,8 %), что полностью совпадает с критериями отбора участников. Между долями участников одной и той же возрастной группы (45–69 лет или 18–44 лет) не было статистически значимых различий в обеих группах исследования. Кроме того, сходным был и средний возраст участников в ГИ ($51,95 \pm 11,58$ г.) и ГК ($50,47 \pm 12,21$ г.), и между группами также не было статистически значимых различий по данному критерию. Таким образом, распределение участников по возрасту гарантирует сопоставимость ГИ и ГК.



Рис. 1. Распределение участников исследования по возрасту, %



Рис. 2. Распределение участников исследования по полу, %

Соотношение полов, как показано на рис. 2, соответствует критериям отбора участников исследования, поскольку именно женскому полу был отдан приоритет, и поэтому доля участниц женского пола выше, чем доля участников мужского пола. Доля женщин в каждой группе (67,5–69,8 %) статистически значимо превышает долю мужчин (30,2–32,5 %), $p = 0,000$. Доли женщин в ГИ и ГК являются схожими: 69,7 и 67,5 % соответственно.

В предыдущих исследованиях была установлена взаимосвязь между некоторыми заболеваниями и возрастом и полом [15–17]. В рамках данного исследования изучалась и сравнивалась структура заболеваемости по полу и возрасту в группах исследования и контроля. В фокусе внимания находились заболевания систем и органов, наиболее подверженных токсическому воздействию гербицидов / диоксина, включая печень, нервную систему, иммунную систему, гормональную систему, органы дыхания, легкие, и т. д. [5, 18].

Гипертония и сахарный диабет являются основными заболеваниями, вызываемыми экспозицией диоксином, согласно рекомендациям Национальной академии наук, машиностроения и медицины от 2018 г.

Результаты и их обсуждение. Результаты анализа, приведенные на рис. 3, показывают высокие уровни распространенности таких заболеваний, как гипертония, заболевания желудка, заболевания суставов, ЛОР-заболевания, а также категории прочих заболеваний (псориаз, повышенные уровни липидов в крови, и т. д.). Уровни заболеваемости по данным нозологиям статистически значимо превышают таковые по прочим классам заболеваний. Уровни распространенности большинства заболеваний (за исключением заболеваний поджелудочной железы, щитовидной железы и надпочечников) были статистически значимо выше в ГИ, по сравнению с ГК.

Согласно результатам, приведенным на рис. 3, распространенность гипертонии в ГИ составляет 23,0–33,6 % (среднее значение – 29,6 %); диабета – 3,50–13,0 % (среднее значение – 9,62 %). Средний уровень распространенности гипертонии превышает среднее значение данного показателя для Вьетнама в целом в 1,57 раза; диабета – в 2,35 раза (18,9 и 4,1 % соответственно) [19]. В частности, более высокий уровень распространенности гипертонии, по сравнению с контрольными данными, был обнаружен во всех трех подгруппах ГИ: БХ и ТК (19 и 6,0 % соответственно). Заболеваемость по всем

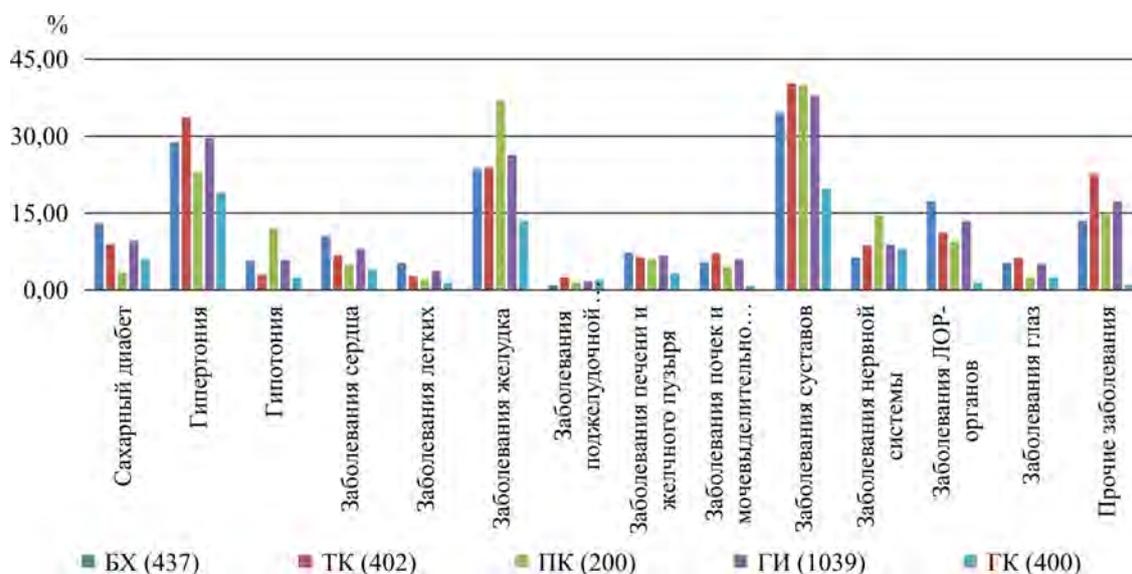


Рис. 3. Структура заболеваемости (с указанием вклада в %) в ГИ и ГК

анализируемым классам болезней была в 1,1–17,3 раза выше в ГИ, чем в ГК, во всех возрастных группах от 18 до 69 лет. Таким образом, результаты нашего исследования указывают на более высокие риски для здоровья населения, экспонированного гербицидами / диоксином и / или проживающего и работающего вблизи территорий, загрязненных высокими концентрациями гербицидов / диоксида.

Согласно результатам, приведенным на рис. 4, в возрастной подгруппе 45–69 лет ГИ были установлены следующие уровни распространенности заболеваний: диабет – 4,96–16,4 % (в среднем 12,3 %); гипертония – 28,9–40,9 % (в среднем 37,3 %); заболевания желудка: 25,1–38,8 % (в среднем 27,6 %); заболевания суставов – 39,9–52,1 % (в среднем 44,5 %); заболевания ЛОР-органов – 7,44–16,7 % (в среднем 13,0 %); прочие заболевания – 13,2–22,8 % (в среднем 18,2 %). Эти уровни статистически значимо превышали таковые, установленные в ГК (8,36; 26,2; 14,6; 26,2; 1,82 и 1,09 % соответственно). Распространенность данных заболеваний в целом в возрастной подгруппе 45–69 лет ГИ превышала значения, установленные для ГК, в 1,4–16,7 раза.

Структура заболеваемости в возрастной подгруппе 18–44 лет показывает следующие обнаруженные уровни распространенности некоторых за-

болеваний в ГИ: диабет – 1,22–3,51 % (в среднем 2,18 %); гипертония – 4,88–13,9 % (в среднем 8,0 %); заболевания желудка – 15,9–34,2 % (в среднем 22,6 %); заболевания суставов – 17,1–21,5 % (в среднем 19,3 %); заболевания ЛОР-органов – 11,0–19,3 % (в среднем 14,9 %); прочие заболевания – 7,89–22,0 % (в среднем 14,9 %) (рис. 5). Все эти уровни статистически значимо превышают показатели ГК (0,80; 3,20; 11,2; 5,60; 0,80 и 0,80 % соответственно). Распространенность данных заболеваний в целом в возрастной подгруппе 18–44 лет ГИ превышала значения, установленные для ГК, в 2,7–18,6 раза.

Как показано на рис. 6, распространенность диабета и гипертонии в возрастной подгруппе 45–69 лет ГИ (12,3 и 37,3 % соответственно) и ГК (8,36 и 26,2 % соответственно) выше, чем в среднем во Вьетнаме в 2015 г. (4,1 и 20,3 % соответственно) [19]. И наоборот, распространенность данных заболеваний в возрастной подгруппе 18–44 лет ГИ (2,18 и 8,0 % соответственно) и ГК (0,8 и 3,2 % соответственно) была ниже, чем в целом по стране. Таким образом, результаты исследования, приведенные на рис. 3–5, указывают на более высокие риски диабета и гипертонии для экспонированного населения в возрасте 45–69 лет, по сравнению с таковыми для населения в возрасте 18–44 лет.

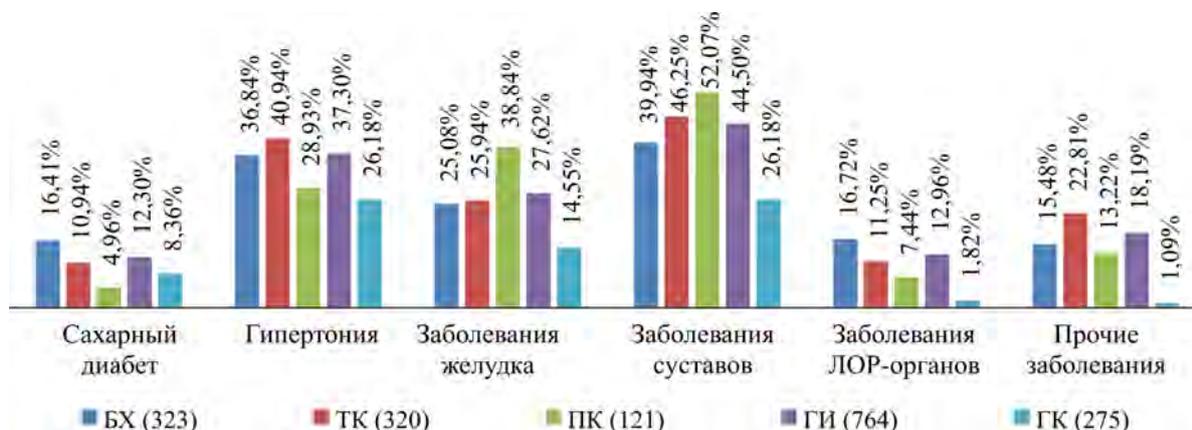


Рис. 4. Структура заболеваемости в возрастной подгруппе 45–69 лет

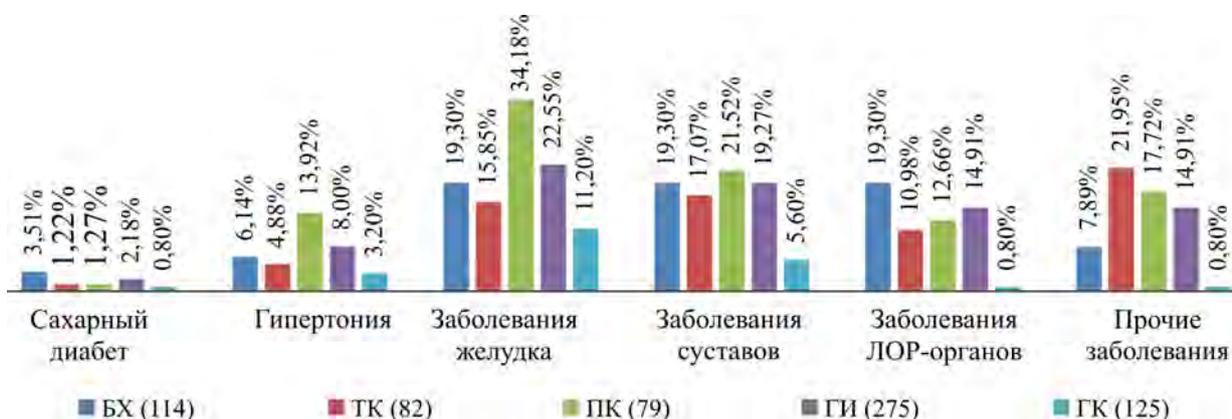


Рис. 5. Структура заболеваемости в возрастной подгруппе 18–44 лет

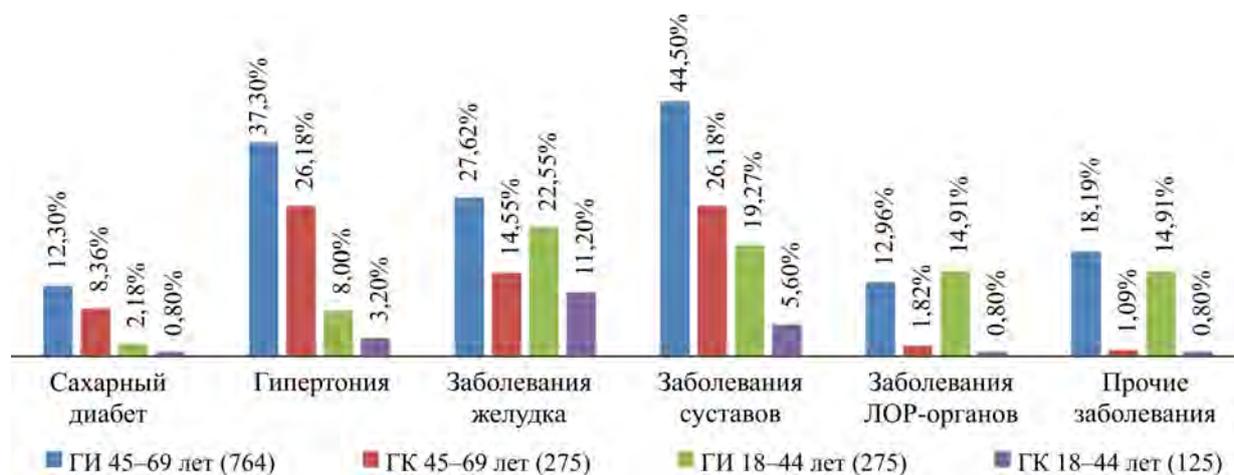


Рис. 6. Сравнение структуры заболеваемости между возрастными подгруппами 18–44 и 45–69 лет

Участники исследования, как в ГИ, так и в ГК, чаще болели диабетом и гипертензией в старшем возрасте; распространенность данных заболеваний была выше на территориях, расположенных вблизи областей с загрязнением диоксином. В особенности наиболее низкие уровни заболеваемости диабетом, гипертензией и болезнями суставов были обнаружены в возрастной подгруппе 18–44 лет в ГК, где они составили 0,8; 3,2 и 5,6 % соответственно. В той же самой возрастной подгруппе ГИ данные уровни были выше в 2,73; 2,50 и 3,44 раза соответственно (2,18; 8,0 и 19,3 % соответственно). Заболеваемость была выше минимального обнаруженного уровня в возрастной подгруппе 45–69 лет ГК в 3,83; 3,27; 1,36 раза соответственно (8,36; 26,2 и 26,2 % соответственно), а наивысшие показатели были обнаружены в возрастной подгруппе 45–69 лет ГИ – в 1,47; 1,42 и 1,70 раза выше минимального обнаруженного уровня (12,3; 37,3 и 44,5 % соответственно).

Как показано на рис. 7 некоторые характеристики заболеваемости являются сходными в ГИ и ГК. Например, доли мужчин с диабетом (12,9 и 10,8 % соответственно) и гипертензией (42,9 и 26,9 % соответственно) были выше, чем доли женщин с теми же заболеваниями в той же группе (диабет: 12,0 и 7,14 % соответственно, гипертензия: 34,7 и

25,8 % соответственно). И наоборот, в обеих группах более высокая распространенность некоторых заболеваний была обнаружена у женщин: заболевания желудка (30,5 и 17,6 % соответственно) и суставов (47,1 и 32,4 % соответственно); для сравнения: распространенность среди мужчин составила 20,8 и 8,6 % соответственно для заболеваний желудка и 38,8 и 14 % соответственно для заболеваний суставов. Также на рис. 7 показано, что распространенность всех шести классов заболеваний была выше в ГИ как среди мужчин, так и среди женщин, чем аналогичные данные в группе сравнения: от 1,2 до 7,17 раза для мужчин и 1,34–35,4 раза для женщин.

В возрастной подгруппе 18–44 лет ГИ уровни заболеваемости шестью типичными классами болезней как среди мужчин, так и среди женщин (диабет: 5,48 и 0,99 %, гипертензия: 11 и 6,93 %, заболевания желудка: 23,3 и 22,3 %, заболевания суставов: 16,4 и 14,9 %, заболевания ЛОР-органов: 15,1 и 14,9 %, прочие заболевания: 15,1 и 14,9 % соответственно) были выше, чем в ГК (диабет: 2,7 и 0 %, гипертензия: 5,41 и 2,27 %, заболевания желудка: 8,11 и 12,5 %, заболевания суставов: 5,41 и 5,68 %, заболевания ЛОР-органов: 2,7 и 0 %, прочие заболевания: 0 и 1,14 %). Разница составила от 2,03 до 5,58 раза для мужчин и от 1,78 до 13,1 раза для женщин (рис. 8).

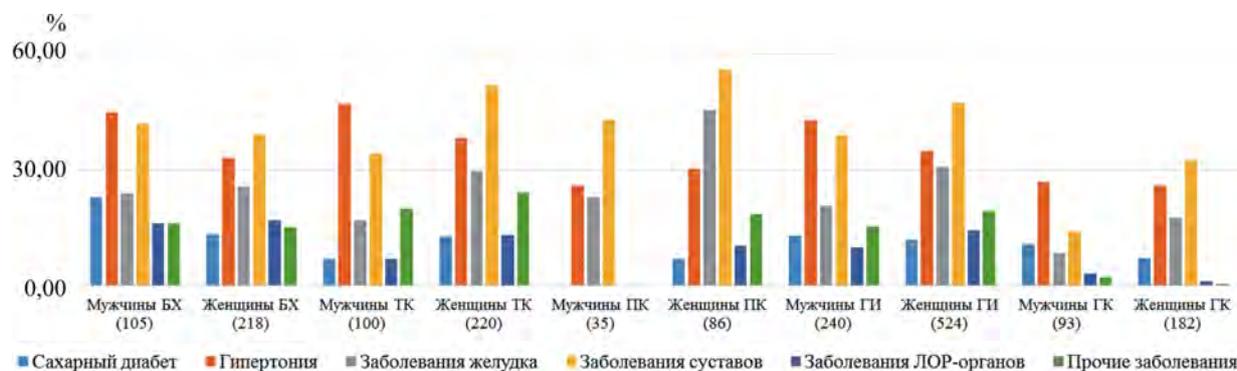


Рис. 7. Сравнение уровней заболеваемости среди мужчин и женщин в возрасте 45–69 лет

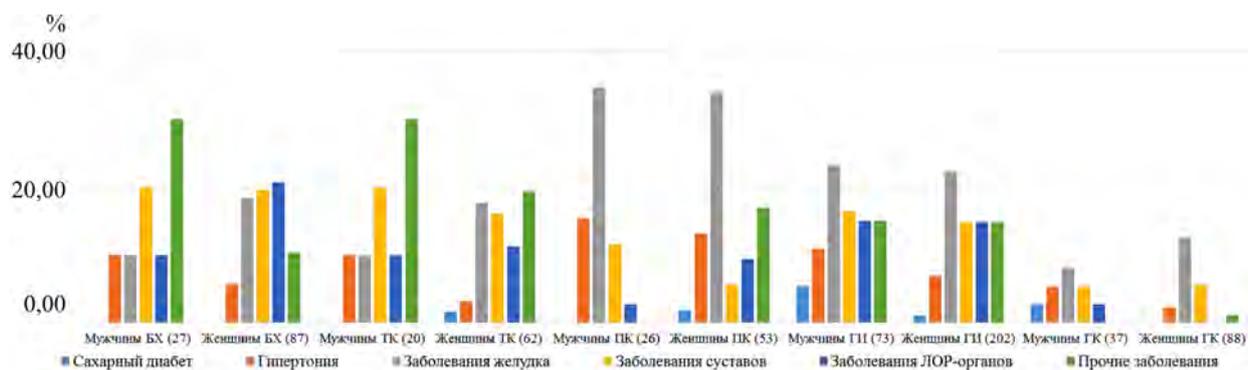


Рис. 8. Сравнение уровней заболеваемости среди мужчин и женщин в возрасте 18–44 лет

В ГИ уровни заболеваемости по всем шести классам болезней были от 1,01 до 5,53 раза выше среди мужчин в возрасте от 18 до 44 лет, чем среди их ровесниц. В ГК схожие результаты были получены для возрастной группы 45–69 лет, где заболеваемость мужчин диабетом (2,7 %) и гипертонией (5,41 %) была выше, чем у женщин (0 и 2,27 % соответственно); и наоборот, распространенность заболеваний желудка (8,11 %) и суставов (5,41 %) была ниже среди мужчин, чем среди женщин (12,5 и 5,68 % соответственно).

Таким образом, результаты статистического анализа, приведенные на рис. 7 и 8, говорят о том, что экспозиция гербицидами / диоксином населения, проживающего и / или работающего вблизи трех аэропортов Бьен Хоа, Да Нанг и Пху Кат, являлась основным фактором повышенного риска заболеваемости в ГИ.

Для дальнейшего прояснения влияния экспозиции диоксином на структуру заболеваемости в анализируемых группах население, подвергающееся экспозиции гербицидами / диоксином, было разделено на подгруппы, одна из которых была подвержена воздействию обоих факторов (ЭД – подгруппа экспозиции диоксином), а вторая была экспонирована только гербицидами (БЭД – подгруппа без экспозиции диоксином). Далее, поскольку подгруппа ЭД состояла в основном из людей в возрасте 45–69 лет, в составе подгруппы БЭД была отдельно выделена подгруппа людей того же возраста. Результаты сравнения данных подгрупп приведены в таблице.

Как видно из данных таблицы, экспозиция диоксином оказывает значительное влияние на уровень рисков для здоровья. Согласно рекомендациям Национальной академии наук [20], такие заболевания, как диабет и гипертония, считаются связанными с воздействием Агента «Оранжевый» / диоксином, а распространенность таких классов болезней, как заболевания желудка, суставов и прочие заболевания, оказалась статистически значимо ($p < 0,05$) выше в подгруппе ЭД, чем в подгруппах БЭД и БЭД 45–69 лет как в ГИ, так и в ГК. Для заболеваний ЛОР-органов не было обнаружено статистически значимых различий между подгруппами ЭД и БЭД.

В ГИ распространенность диабета, гипертонии и заболеваний суставов была от 1,67 до 2,74 раза

выше в подгруппе ЭД, чем в подгруппе БЭД, а также в 1,45–2,13 раза выше, чем в подгруппе БЭД в возрасте 45–69 лет.

Схожие различия были зафиксированы в ГК, где распространенность всех шести анализируемых классов заболеваний была от 2,31 до 18,7 раза выше в подгруппе ЭД, чем в подгруппе БЭД, а также в 1,67–19,2 раза выше, по сравнению с соответствующими данными подгруппы БЭД в возрасте 45–69 лет. Таким образом, экспозиция гербицидами / диоксином создавала повышенные риски для здоровья в подгруппе ЭД.

С целью выявления влияния продолжительности проживания вблизи трех аэропортов Бьен Хоа, Да Нанг и Пху Кат на территориях, где ранее складировались или распылялись гербициды / диоксин, участников исследования разделили на три подгруппы с длительностью проживания от 5 до 25 лет, от 25 до 45 лет и свыше 45 лет.

Как показано на рис. 9, распространенность всех шести анализируемых классов болезней была выше во всех подгруппах ГИ, чем в ГК. В особенности в подгруппе с длительностью проживания от 5 до 25 лет она была в 2,0–23,5 раза выше; от 25 до 45 лет – в 1,63–21,3 раз выше; более 45 лет – в 1,14–11,9 раза выше.

В ГИ уровень заболеваемости гипертонией, болезнями желудка и суставов в подгруппе с длительностью проживания 25–45 лет был в 1,09–1,27 раза выше, чем в подгруппе с длительностью проживания от 5 до 25 лет; также он был в 1,23–1,79 раза выше в подгруппе с длительностью проживания более 45 лет.

Уровень заболеваемости всеми шестью анализируемыми классами болезней был статистически значимо выше в ГИ, чем в ГК. В особенности в подгруппе с длительностью проживания 5–25 лет этот уровень был в 1,29–1,9 раза выше; 25–45 лет – в 1,23–12,7 раза выше; свыше 45 лет – в 1,14–11,9 раза выше. В ГИ заболеваемость гипертонией, болезнями желудка и суставов была в 1,13 раза выше в подгруппе с длительностью проживания 25–45 лет, по сравнению с таковой в подгруппе с длительностью проживания 5–25 лет; в подгруппе с длительностью проживания свыше 45 лет данные показатели превышали уровни подгруппы 5–25 лет в 1,15–1,35 раза (рис. 10).

Структура заболеваемости согласно факторам экспозиции диоксином, %

Заболевание	ЭД		БЭД		БЭД, возраст 45–69 лет	
	исследование, n = 92	контроль, n = 7	исследование, n = 947	контроль, n = 393	исследование, n = 682	контроль, n = 269
Диабет	22,8	42,9	8,34	5,34	10,7	7,43
Гипертония	48,9	42,9	27,7	18,6	34,8	25,7
Заболевания желудка	27,2	42,9	26,2	13	27,4	13,8
Заболевания суставов	59,8	57,1	35,7	19,1	41,2	25,3
Заболевания ЛОР-органов	14,1	0	13,4	1,53	12,8	1,86
Прочие заболевания	20,7	14,3	17,0	0,76	17,7	0,74



Рис. 9. Структура заболеваемости в разрезе длительности проживания в опасной зоне



Рис. 10. Структура заболеваемости в возрастной подгруппе 45–69 лет в разрезе длительности проживания

Выводы. Уровни заболеваемости в группе исследования (как в целом, так и по возрастным подгруппам 18–44 и 45–69 лет) были выше, чем в контрольной группе. В рамках данного исследования выявлены приоритетные классы болезней с более высокими уровнями заболеваемости, включая диабет, гипертонию, болезни опорно-двигательного аппарата, заболевания ЛОР-органов.

Уровни заболеваемости по шести приоритетным классам болезней были в 1,1–2,7 раза выше среди населения, экспонированного агентом «Оранж», чем среди неэкспонированного населения в группе исследования, и в 2,3–18,7 раза выше, чем в контрольной группе.

Чем выше была длительность периода проживания и работы на территориях вблизи аэропортов Бьен

Хоа, Да Нанг и Пху Кат, тем выше был риск заболеваний: уровень заболеваемости в группе исследования в подгруппе с длительностью проживания 25–45 лет был в 1,1–1,3 раза выше, а в подгруппе с длительностью проживания 45 лет и более – в 1,2–1,8 раза выше, чем таковой в подгруппе с длительностью проживания 5–25 лет. В каждой из этих подгрупп в группе исследования уровни заболеваемости были выше, чем в контрольной группе: в 2,0–23,5 раза в подгруппе с длительностью проживания 5–25 лет, в 1,6–21,3 раза – в подгруппе 25–45 лет и в 1,1–11,9 раза выше в подгруппе с длительностью проживания на опасной территории более 45 лет.

Уровень заболеваемости населения в группах исследования и контрольной зависит от длительности проживания, пола и возраста. Однако основным

фактором, определяющим различия в структуре заболеваемости, является экспозиция гербицидами / диоксином на территории проживания. Экспозиция гербицидами / диоксином, остатки которых загрязняют территории вблизи исследуемых аэропортов в течение последних 50 лет, является одним из вредных факторов, оказывающих влияние на структуру заболеваемости в группе исследования, а также приводящих к подъему уровней заболеваемости некоторыми нозологиями.

Одобрение комитета по этике и согласие на участие в исследовании. Данное исследование было одобрено Сове-

том по этике биомедицинских исследований Совместного Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра (Код: 18/2020/VREC, Сертификат одобрения № 1987/CN-TTNDVN, выдан 01.07.2020) и осуществлялось под соответствующим контролем.

Финансирование. Исследование было профинансировано в рамках гранта Совместного Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра под номером М-3.3.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов в связи с настоящим исследованием, а также авторством и / или публикацией данной статьи.

Список литературы

1. The extent and patterns of usage of Agent Orange and other herbicides in Vietnam / J.M. Stellman, S.D. Stellman, R. Christian, T. Weber, C. Tomasallo // *Nature*. – 2003. – Vol. 422. – P. 681–687. DOI: 10.1038/nature01537
2. Young A.L. The History, Use, Disposition and Environmental Fate of Agent Orange. – NY: Springer New York, 2009. – 339 p. DOI: 10.1007/978-0-387-87486-9
3. Predictors for dioxin accumulation in residents living in Da Nang and Bien Hoa, Vietnam, many years after Agent Orange use / D.T. Pham, H.M. Nguyen, T.G. Boivin, A. Zajacova, S.V. Huzurbazar, H.L. Bergman // *Chemosphere*. – 2015. – Vol. 118. – P. 277–283. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.09.064
4. Veterans and Agent Orange: Update 2014 / Committee to Review the Health Effects in Vietnam Veterans of Exposure to Herbicides (Tenth Biennial Update); Board on the Health of Select Populations; Institute of Medicine; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. – Washington, DC: National Academies Press, 2016. – 1114 p. DOI: 10.17226/21845
5. The Relationship of Dioxin Levels in Serum of 9-Year-Old Vietnamese Children and Their Mothers' Breast Milk / H.D. Manh, T. Kido, T. Takasuga, M. Yamashita, L.M. Giang, H. Nakagawa // *Toxics*. – 2022. – Vol. 10, № 4. – P. 155. DOI: 10.3390/toxics10040155
6. Nishijo M. Dioxin and Dioxin-like Compounds and Human Health // *Toxics*. – 2023. – Vol. 11, № 6. – P. 512. DOI: 10.3390/toxics11060512
7. Impact of perinatal dioxin exposure on infant growth: a cross-sectional and longitudinal studies in dioxin-contaminated areas in Vietnam / M. Nishijo, P.T. Tai, H. Nakagawa, S. Maruzeni, N.T.N. Anh, H.V. Luong, T.H. Anh, R. Honda [et al.] // *PLoS One*. – 2012. – Vol. 7, № 7. – P. e40273. DOI: 10.1371/journal.pone.0040273
8. 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin in breast milk increases autistic traits of 3-year-old children in Vietnam / M. Nishijo, T.T. Pham, A.T.N. Nguyen, N.N. Tran, H. Nakagawa, L.V. Hoang, A.H. Tran, Y. Morikawa [et al.] // *Mol. Psychiatry*. – 2014. – Vol. 19, № 11. – P. 1220–1226. DOI: 10.1038/mp.2014.18
9. Impacts of Perinatal Dioxin Exposure on Motor Coordination and Higher Cognitive Development in Vietnamese Preschool Children: A Five-Year Follow-Up / N.N. Tran, T.T. Pham, K. Ozawa, M. Nishijo, A.T.N. Nguyen, T.Q. Tran, L.V. Hoang, A.H. Tran [et al.] // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11, № 1. – P. e0147655. DOI: 10.1371/journal.pone.0147655
10. Dwernychuk L.W. Dioxin hot spots in Vietnam // *Chemosphere*. – 2005. – Vol. 60, № 7. – P. 998–999. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2005.01.052
11. Dioxin concentrations in breast milk of Vietnamese nursing mothers: a survey four decades after the herbicide spraying / P.T. Tai, M. Nishijo, T. Kido, H. Nakagawa, S. Maruzeni, R. Naganuma, N.T.N. Anh, Y. Morikawa [et al.] // *Environ. Sci. Technol.* – 2011. – Vol. 45, № 15. – P. 6625–6632. DOI: 10.1021/es201666d
12. Environmental health risk assessment of dioxin in foods at the two most severe dioxin hot spots in Vietnam / T.T. Tuyet-Hanh, N.H. Minh, L. Vu-Anh, M. Dunne, L.-M. Toms, T. Tenkate, M.-H.N. Thi, F. Harden // *Int. J. Hyg. Environ. Health*. – 2015. – Vol. 218, № 5. – P. 471–478. DOI: 10.1016/j.ijheh.2015.03.014
13. World Health Organization. Assessment of the health risks of dioxin: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). Executive summary. – Geneva: WHO European Centre for Environment and Health, International Programme on Chemical Safety, 1998. – 28 p.
14. Ambient air monitoring around the dioxin remediation site in Da Nang, Vietnam, using passive air samplers / T.K. Sau, N.X. Truong, T.T.T. Hanh, B. Le Hung, N.D. Thang, T. Le Lan Anh // *Environ. Monit. Assess.* – 2021. – Vol. 193, № 7. – P. 434. DOI: 10.1007/s10661-021-09223-7
15. Choi H.M., Kim H.C., Kang D.R. Sex differences in hypertension prevalence and control: Analysis of the 2010–2014 Korea National Health and Nutrition Examination Survey // *PLoS One*. – 2017. – Vol. 12, № 5. – P. e0178334. DOI: 10.1371/journal.pone.0178334
16. Díaz A., Beleña Á., Zueco J. The Role of Age and Gender in Perceived Vulnerability to Infectious Diseases // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 2. – P. 485. DOI: 10.3390/ijerph17020485
17. Higher Prevalence of Type 2 Diabetes in Men Than in Women Is Associated With Differences in Visceral Fat Mass / A. Nordström, J. Hadrévi, T. Olsson, P.W. Franks, P. Nordström // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2016. – Vol. 101, № 10. – P. 3740–3746. DOI: 10.1210/jc.2016-1915
18. The American people's dioxin report: technical support document. – Falls Church, VA: Center for Health Environment and Justice, 1999.

19. Announcing the results of the national investigation of risk factors for non-communicable disease in 2015 [Электронный ресурс] // Vietnam General Department of Preventive Medicine. – 2015. – URL: <https://vncdc.gov.vn/cong-bo-ket-qua-dieu-tra-quoc-gia-yeu-to-nguy-co-benh-khong-lay-nhiem-nam-2015-nd14421.html> (дата обращения: 09.02.2024).

20. Veterans and Agent Orange: Update 11 (2018) / National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine; Health and Medicine Division; Board on Population Health and Public Health Practice; Committee to Review the Health Effects in Vietnam Veterans of Exposure to Herbicides (Eleventh Biennial Update). – Washington, DC: National Academies Press, 2018. DOI: 10.17226/25137

Трин Хак Сау, Ле Ван Куанг. Многолетняя экспозиция населения гербицидами / диоксином как фактор риска здоровью // Анализ риска здоровью. – 2024. – № 2. – С. 53–62. DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.05

UDC 614.7
DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.05.eng



Research article

STRUCTURE OF SOME DISEASES AND HEALTH RISKS FOR PEOPLE RESIDING IN SURROUNDING AREAS PREVIOUSLY CONTAINED HERBICIDES/DIOXIN

Trinh Khac Sau, Le Van Quang

Institute of Tropical Medicine, Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center,
63 Nguyen Van Huyen St., Cau Giay district, Hanoi, Vietnam

During the war in Vietnam from 1961–1971, the US military used and sprayed nearly 80 million liters of herbicides in South Vietnam. Bien Hoa, Da Nang, and Phu Cat airports are herbicides repositories and hot spots for dioxin residues. The aim of this study was to examine the structure of some diseases and health risks of 1039 subjects residing around Da Nang, Bien Hoa, and Phu Cat airports (the Σ SG – study group) and 400 subjects residing in Son Tra district in Da Nang city – far from Da Nang airport (the ST – control group).

The analysis results show that the prevalence of some relevant diseases related to herbicides/dioxin in the Σ SG group has a high percentage such as hypertension: 23.0–33.6 % (mean: 29.6 %), diabetes: 3.50–13.0 % (mean: 9.62 %) and other diseases: stomach: 23.6–37 % (mean: 26.3 %), joints: 34.6–40.3 % (mean: 37.8 %), ear-nose and throat: 9.5–17.4 % (mean: 15.5 %), kidney-urinary system: 4.5–7.2 % (mean: 6 %). These values were 1.5 to 9 times higher in the Σ SG group than in the ST group. The subjects who resided and worked around airports had elevated risks of the foregoing diseases. The structure of these diseases in both the Σ SG and the ST groups depends on sex and age, but the decisive factor depends on herbicides/dioxin exposure status. Thus, exposure to herbicides/dioxin has changed the disease pattern and increased some aspects of disease in people residing near areas where herbicides/dioxin was previously stored.

Keywords: herbicides, dioxin, hot spot, diseases, health risks, Da Nang, Bien Hoa, Phu Cat.

References

1. Stellman J.M., Stellman S.D., Christian R., Weber T., Tomasallo C. The extent and patterns of usage of Agent Orange and other herbicides in Vietnam. *Nature*, 2003, vol. 422, pp. 681–687. DOI: 10.1038/nature01537
2. Young A.L. The History, Use, Disposition and Environmental Fate of Agent Orange. NY, Springer New York Publ., 2009, 339 p. DOI: 10.1007/978-0-387-87486-9
3. Pham D.T., Nguyen H.M., Boivin T.G., Zajacova A., Huzurbazar S.V., Bergman H.L. Predictors for dioxin accumulation in residents living in Da Nang and Bien Hoa, Vietnam, many years after Agent Orange use. *Chemosphere*, 2015, vol. 118, pp. 277–283. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.09.064
4. Committee to Review the Health Effects in Vietnam Veterans of Exposure to Herbicides (Tenth Biennial Update), Board on the Health of Select Populations, Institute of Medicine, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Veterans and Agent Orange: Update 2014. Washington, DC, The National Academies Press Publ., 2016, 1114 p. DOI: 10.17226/21845

© Trinh Khac Sau, Le Van Quang, 2024

Sau Khac Trinh – Doctor of Chemical Sciences, director (e-mail: sau_tk@yahoo.com; tel.: +84 912-206-942; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5024-9936>).

Quang Van Le – Doctor of Medical Sciences (e-mail: lequang217@gmail.com; tel.: +84 813-262-933; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5286-3940>).

5. Manh H.D., Kido T., Takasuga T., Yamashita M., Giang L.M., Nakagawa H. The Relationship of Dioxin Levels in Serum of 9-Year-Old Vietnamese Children and Their Mothers' Breast Milk. *Toxics*, 2022, vol. 10, no. 4, pp. 155. DOI: 10.3390/toxics10040155
6. Nishijo M. Dioxin and Dioxin-like Compounds and Human Health. *Toxics*, 2023, vol. 11, no. 6, pp. 512. DOI: 10.3390/toxics11060512
7. Nishijo M., Tai P.T., Nakagawa H., Maruzeni S., Anh N.T.N., Luong H.V., Anh T.H., Honda R. [et al.]. Impact of perinatal dioxin exposure on infant growth: a cross-sectional and longitudinal studies in dioxin-contaminated areas in Vietnam. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 7, pp. e40273. DOI: 10.1371/journal.pone.0040273
8. Nishijo M., Pham T.T., Nguyen A.T.N., Tran N.N., Nakagawa H., Hoang L.V., Tran A.H., Morikawa Y. [et al.]. 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin in breast milk increases autistic traits of 3-year-old children in Vietnam. *Mol. Psychiatry*, 2014, vol. 19, no. 11, pp. 1220–1226. DOI: 10.1038/mp.2014.18
9. Tran N.N., Pham T.T., Ozawa K., Nishijo M., Nguyen A.T.N., Tran T.Q., Hoang L.V., Tran A.H. [et al.]. Impacts of Perinatal Dioxin Exposure on Motor Coordination and Higher Cognitive Development in Vietnamese Preschool Children: A Five-Year Follow-Up. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no. 1, pp. e0147655. DOI: 10.1371/journal.pone.0147655
10. Dwernychuk L.W. Dioxin hot spots in Vietnam. *Chemosphere*, 2005, vol. 60, no. 7, pp. 998–999. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2005.01.052
11. Tai P.T., Nishijo M., Kido T., Nakagawa H., Maruzeni S., Naganuma R., Anh N.T.N., Morikawa Y. [et al.]. Dioxin concentrations in breast milk of Vietnamese nursing mothers: a survey four decades after the herbicide spraying. *Environ. Sci. Technol.*, 2011, vol. 45, no. 15, pp. 6625–6632. DOI: 10.1021/es201666d
12. Tuyet-Hanh T.T., Minh N.H., Vu-Anh L., Dunne M., Toms L.-M., Tenkate T., Thi M.-H.N., Harden F. Environmental health risk assessment of dioxin in foods at the two most severe dioxin hot spots in Vietnam. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 2015, vol. 218, no. 5, pp. 471–478. DOI: 10.1016/j.ijheh.2015.03.014
13. World Health Organization. Assessment of the health risks of dioxin: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). Executive summary. Geneva, WHO European Centre for Environment and Health, International Programme on Chemical Safety, 1998, 28 p.
14. Sau T.K., Truong N.X., Hanh T.T.T., Le Hung B., Thang N.D., Le Lan Anh T. Ambient air monitoring around the dioxin remediation site in Da Nang, Vietnam, using passive air samplers. *Environ. Monit. Assess.*, 2021, vol. 193, no. 7, pp. 434. DOI: 10.1007/s10661-021-09223-7
15. Choi H.M., Kim H.C., Kang D.R. Sex differences in hypertension prevalence and control: Analysis of the 2010–2014 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *PLoS One*, 2017, vol. 12, no. 5, pp. e0178334. DOI: 10.1371/journal.pone.0178334
16. Díaz A., Beleña Á., Zueco J. The Role of Age and Gender in Perceived Vulnerability to Infectious Diseases. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 2, pp. 485. DOI: 10.3390/ijerph17020485
17. Nordström A., Hadrévi J., Olsson T., Franks P.W., Nordström P. Higher Prevalence of Type 2 Diabetes in Men Than in Women Is Associated With Differences in Visceral Fat Mass. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2016, vol. 101, no. 10, pp. 3740–3746. DOI: 10.1210/je.2016-1915
18. The American people's dioxin report: technical support document. Falls Church, VA, Center for Health Environment and Justice, 1999.
19. Announcing the results of the national investigation of risk factors for non-communicable disease in 2015. *Vietnam General Department of Preventive Medicine*, 2015. Available at: <https://vncdc.gov.vn/cong-bo-ket-qua-dieu-tra-quoc-gia-yeu-to-nguy-co-benh-khong-lay-nhiem-nam-2015-nd14421.html> (February 09, 2024).
20. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Health and Medicine Division, Board on Population Health and Public Health Practice, Committee to Review the Health Effects in Vietnam Veterans of Exposure to Herbicides (Eleventh Biennial Update). *Veterans and Agent Orange: Update 11* (2018). Washington, DC, National Academies Press Publ., 2018. DOI: 10.17226/25137

Trinh Khac Sau, Le Van Quang. Structure of some diseases and health risks for people residing in surrounding areas previously contained herbicides/dioxin. Health Risk Analysis, 2024, no. 2, pp. 53–62. DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.05.eng

Получена: 14.11.2023

Одобрена: 31.05.2024

Принята к публикации: 20.06.2024