



TARTU ÜLIKOOL



TERVISEAMET

Разработка и применение методики для нахождения взаимосвязей между состоянием атмосферного воздуха и детской астмой, а также другими аллергическими заболеваниями, в районах, подверженных влиянию сланцевой промышленности – METRAK

Заключительный отчет



Исследование финансировал Центр инвестиций в окружающую среду (SA Keskkonnainvesteeringute Keskus)

Тарту, Таллинн 2019 г.

Исследование осуществлял Тартуский университет совместно с Эстонским центром экологических исследований и Департаментом здоровья.

Авторы исследования:

Ханс Орру (PhD), Тартуский университет, руководитель исследования

Трийн Вебер (MSc), Тартуский университет

Кая Юлге (MD, PhD), Тартуский университет, руководитель клинических исследований

Тийна Ребане (MSc), Тартуский университет

Марье Мүүсикус (MSc), Департамент здоровья

Марек Маасикметс (PhD), Эстонский центр экологических исследований

Азер Сикк (MSc), Эстонский центр экологических исследований

Диана Судакова (MD), Тартуский университет

Танель Тамм (PhD), Тартуский университет

Дайга Парсова (MS), Тартуский университет

Мяртен Лукк (MSc), Департамент здоровья, руководитель проекта

Кристина Айдла (MSc), Департамент здоровья

Леэна Альбрехт (MD, MSc), Департамент здоровья

Юри Руут (MSc), Департамент здоровья

Елена Томасова (MD), Департамент здоровья

Содержание

Резюме содержания, выводы и предложения	3
1. Введение	9
2. Цели исследования	12
3. Выборка и методика исследования	13
3.1. Школы, привлеченные к исследованию.....	13
3.2. Опросное исследование	14
3.3. Клинические исследования	14
3.3.1. Спирометрия, или определение объема легких	14
3.3.2. Определение окиси азота в выдыхаемом воздухе	15
3.3.3. Выявление аллергической гиперчувствительности.....	16
3.4. Оценка воздействия на учащихся загрязнителей.....	16
3.4.1. Измерение загрязнения воздуха пассивными пробоотборниками	17
3.4.2. Моделирование уровней загрязнения воздуха.....	19
3.5. Статистический анализ	22
4. Результаты	23
4.1. Качество воздуха в Ида-Вирумаа	23
4.1.1. Анализ данных мониторинга воздуха.....	23
4.1.2. Концентрации, замеренные пассивными пробоотборниками около школ	26
4.1.3. Моделирование уровней загрязнения воздуха.....	27
4.2. Результаты опросного исследования.....	36
4.2.1. Социально-демографические показатели.....	36
4.2.2. Оценочный контакт (по оценке самих опрошенных) с факторами внутренней и внешней среды	38
4.2.3. Оценки родителей загрязнения воздуха и среды обитания	40
4.2.4. Информированность о рисках для здоровья и меры по снижению рисков	41
4.2.5. Сообщаемое самими респондентами наличие заболеваний и жалоб на здоровье	43
4.3. Результаты клинических испытаний	46
4.4. Взаимосвязи между уровнями загрязнения воздуха и заболеваниями	50
4.5. Разработанная и воспроизводимая методика.....	53
Резюме	59
Использованная литература	61
РИЛОЖЕНИЯ	63
Приложение 1. Вопросник исследования	63
Приложение 2. Письмо родителю ребенка и форма информированного согласия	73
Приложение 3. Информационный листок для ребенка.....	78
Приложение 4. Местонахождения пассивных пробоотборников, периоды измерения и полученные концентрации	79

Резюме содержания, выводы и предложения

Сланцевая промышленность – крупнейшая из расположенных в Ида-Вирумаа отраслей промышленности, загрязняющих окружающую среду. Хотя в последние десятилетия количества загрязняющих веществ (загрязнителей), выделяемых сланцевой промышленностью значительно снизились, однако сжигание горючего сланца и производство сланцевого масла по-прежнему генерируют большое количество выбросов загрязняющих веществ. Какая-то часть из них достигает местных жителей, что сказывается на их здоровье. Особенно уязвимы к загрязнению воздуха такие группы риска, как дети, дыхательные пути которых все еще развиваются и которые дышат относительно большим количеством воздуха в день по отношению к массе тела, а вместе с ним – и загрязнителей, чем взрослые.

Цель данного исследования состояла в том, чтобы разработать и применить методику, позволяющую оценивать взаимосвязи между состоянием окружающей среды и состоянием здоровья детей в районах, находящихся в зоне влияния сланцевой промышленности. В том числе – выяснить контакт учащихся с загрязнением воздуха, происходящим как из источников сланцевого сектора, так и из других источников, найти распространенность респираторных заболеваний и симптомов заболеваний, а также её взаимосвязь с загрязнением воздуха, и оценить роль аллергии в возникновении гиперчувствительности к загрязнению воздуха и респираторным заболеваниям. Исследование финансировал Эстонский центр инвестиций в окружающую среду в рамках проекта «Разработка и применение методики для нахождения взаимосвязей между состоянием атмосферного воздуха и детской астмой, а также другими аллергическими заболеваниями, в районах, подверженных влиянию сланцевой промышленности» (проект номер 14035).

На первом этапе работы была разработана методика, позволяющая оценивать взаимосвязи между состоянием окружающей среды и состоянием здоровья детей в районах, подверженных влиянию сланцевой промышленности. Методика включает в себя (1) исследования качества воздуха, (2) оценку индивидуального контакта опрошенных с загрязнением воздуха, (3) определение распространенности исследуемых симптомов и заболеваемости, (4) анализ других вмешивающихся факторов (таких как социально-экономические факторы, негативное поведение в отношении здоровья и т. д., которые также могли повлиять на заболеваемость) и (5) анализ роли загрязнения воздуха в возникновении заболевания, и, как следствие, выработка рекомендаций по лечению и профилактике заболевания.

На втором этапе работы, в ходе применения разработанной методики, было исследовано качество воздуха в Ида-Вирумаа, в школах были проведены опрос и клинические исследования, а также был проведён статистический анализ для выявления связи между загрязнением воздуха и жалобами на здоровье. В общей сложности более тысячи детей из двадцати разных школ в Ида-Вирумаа были включены в исследование.

Качество воздуха оценивалось как с использованием данных мониторинга и проведением измерительной кампании с помощью пассивных пробоотборников, так и путем выполнения моделирования уровней загрязнения воздуха. На основании данных

мониторинга можно сказать, что концентрации диоксида серы с годами значительно снизились. Однако этого нельзя сказать о многих других загрязнителях в Ида-Вирумаа. По этой причине в данной работе основное внимание уделялось бензолу, фенолу, формальдегиду, крупнодисперсным твёрдым частицам и тонкодисперсным твёрдым частицам, бензо(а)пирену и сероводороду.

На основании результатов измерений на станциях мониторинга воздуха в случае бензола видно небольшое снижение бензола в Нарве. В Кохтла-Ярве уровень концентрации бензола остался неизменным, а в Силламяэ колебался в разные годы. Концентрации крупнодисперсных и тонкодисперсных твёрдых частиц со временем несколько снизились, но в 2018 году значительно возросли по сравнению с 2017 г. Уровень содержания бензо(а) пирена в период с 2011 по 2014 год имел небольшую тенденцию к росту, затем резко снизился в 2015 году и впоследствии снова начал расти.

Измерения с помощью пассивных пробоотборников проводились рядом со школами, привлеченными к исследованию, а также рядом с двумя станциями мониторинга воздуха. В ходе измерений были собраны пробы фенола и бензола с помощью пассивных пробоотборников Radiello, а также пробы формальдегида – с помощью Radiello и Aquaria Ring, которые были впоследствии проанализированы в лаборатории. Выяснилось, что концентрации фенола были относительно похожи во всех точках измерения и колебались в диапазоне от 0,64 до 0,89 мкг/м³. Поэтому на основании полученных результатов не представляется возможным выявить конкретные регионы, где концентрации фенола значительно выше. Однако были выявлены значительные различия между концентрациями бензола, которые колебались в диапазоне от 0,09 до 1,57 мкг/м³. Несколько более высокие концентрации наблюдались на станции мониторинга Кохтла-Ярве, Ахтмеской гимназии, Нарва-Йыэсууской средней школы и Нарвского языкового лицея. В случае формальдегида концентрации в обеих измерительных кампаниях находились около предела обнаружения (1 мкг/м³) или ниже него.

Для моделирования концентраций загрязнителей в атмосферном воздухе использовалось программное решение Эстонской системы управления качества воздуха AirViro, которое объединяет в себе базы данных о выбросах, данные мониторинга и модуль расчетов по моделированию. При использовании базы данных о выбросах OSIS2017, базы данных о количествах выхлопов дорожного движения Traffic2017, базы данных о количествах выбросов местного отопления Kohtküte2017 и базы данных о выбросах сельского хозяйства были найдены среднегодовые концентрации всех семи загрязнителей, включенных в исследование (бензол, крупнодисперсные твердые частицы, тонкодисперсные твердые частицы, фенол, формальдегид, бенз(а)пирен и сероводород). Для исследования были смоделированы концентрации загрязнителей как (1) из всех источников, так и (2) из только источников сланцевой промышленности. В случае моделирования загрязнения только из-за сланцевой промышленности использовались количества выбросов источников загрязнения, связанных только со сланцевой промышленностью, которые были получены из базы данных OSIS2017, и для моделирования концентрации загрязнителей были отобраны только поверхностные и точечные источники загрязнения, непосредственно связанные со сжиганием горючих сланцев, их термической обработкой и сланцехимией. При моделировании была

выбрана длина сторон квадратов моделирования – 1 км. Расчеты дисперсии проводились на основе данных об эмиссии и погоде 2017 года. Для валидации результатов модели рассеиваемости загрязнения воздуха использовались как данные мониторинга, так и данные вышеописанных измерений с помощью пассивных пробоотборников. Из данных мониторинга использовались долгосрочные данные измерительных станций в Кохтла-Ярве, Нарве, Силламяэ и Синимяэ.

Моделирование загрязнителей показало, что самые высокие концентрации бензола – в окрестностях Нарвы, в районах к западу от Нарвы и в области Йыхви. Концентрации бензола, смоделированные на основе только выбросов, сообщаемых предприятиями сланцевого сектора, следовали той же модели и составляли величины того же порядка, что и концентрации, смоделированные на основе всех источников. Однако были выявлены очень низкие концентрации в Кивиыли, что указывает на недооценку в отношении бензола в 2017 году. Как в случае фенола, так и в случае формальдегида были выявлены весьма значительные различия между смоделированными концентрациями и концентрациями, измеренными в рамках мониторинга воздуха, и доля источников сланцевых секторов здесь маргинальна. Хотя основным источником фенола и является сланцевая промышленность, в данном случае причиной могут быть и дисперсные выбросы, на что указывают относительно сходные значения, измеренные пассивными пробоотборниками. Поскольку в данных вопросах много неясности, было принято решение не включать данные загрязнители (фенол и формальдегид) в регрессионные анализы. Тем не менее, было бы важно выяснить причины различий.

В случае крупнодисперсных и тонкодисперсных твёрдых частиц, однако, есть довольно много измерений и достаточно хорошо известны различные источники их эмиссии. В то же время наибольшую часть общей концентрации в регионе дает всё-таки фоновая концентрация (загрязнение, переносимое из других стран и регионов). Если смотреть на концентрации тонкодисперсных твёрдых частиц, смоделированные на основе только лишь выбросов, взятых из рапортов предприятий сланцевого сектора, то они составляют менее одной десятой части концентраций, возникающих на основе местных эмиссий (если убрать перенос веществ издалека). Особенно невелика доля местных выбросов в районе Кивиыли, в то время как местные жители часто жалуются на сажевое загрязнение из-за дымовых труб предприятия Kiviõli Keemiatööstus. Таким образом, здесь тоже можно предположить занижение отчетности о выбросах (особенно остро – при запуске производственных циклов). Измерение выбросов в виде частиц непосредственно на дымовых трубах предприятия Kiviõli Keemiatööstus, которое будет запущено в будущем, могло бы помочь исправить ситуацию.

В случае бенз(а)пирена (BaP), который является одним из полиароматических углеводородов, преобладают выбросы от локального отопления, которые довольно равномерно разбросаны по всему Ида-Вирумаа. Концентрации, вызванные предприятиями сланцевого сектора, примерно в 10 000 раз меньше, и, таким образом, здесь может идти речь об определенном занижении отчетности. С другой стороны, концентрации сероводорода, смоделированные на основе только выбросов, сообщаемых предприятиями сланцевого сектора, следуют той же модели, что и суммарная концентрация, и составляют величины того же порядка, что и концентрации,

смоделированные на основе всех источников. Таким образом, здесь речь снова идет об относительно хорошем качестве отчетности о выбросах.

При опросном исследовании, проведенном в ходе исследования среди учащихся третьего-четвертого класса и их родителей, выяснилось, что жители Ида-Вирумаа считают проблему загрязнения воздуха гораздо более важной, чем остальные жители Эстонии. Более половины из общего количества респондентов, насчитывающего 1041 человека, оценили угрозу для себя и своей семьи из-за загрязнения воздуха как большую или очень большую, а каждый шестой респондент оценивает загрязнение воздуха как невыносимо раздражающее. По сравнению с остальной частью населения Эстонии (в исследовании KesTeRisk «Здоровье окружающей среды: понимание рисков и мотивация к снижению воздействий на здоровье»), отвечавшие в ходе опроса родители были более осведомлены о воздействиях загрязнения воздуха на здоровье и больше беспокоились о своем здоровье (39% респондентов). Отчетность о респираторных заболеваниях и жалобах у детей была сходной с «Исследованием воздействий сланцевого сектора на здоровье», проведенным в 2015 году. Несколько повысилась распространенность диагностированной астмы, которая теперь достигла 13,8%. Однако, в ходе клинического исследования, проведенного среди 602 детей, были выявлены существенно менее повышенные концентрации FeNO* (> 30 млрд⁻¹), чем четырем годами ранее. Снижение повышенных концентраций может указывать на то, что астма, по сравнению с 2015 годом, несколько лучше диагностируется, дети получают лечение, и у них снизилось количество воспалений дыхательных путей.

Анализ взаимосвязи между уровнем загрязнения воздуха и заболеваемостью показал, что бензол, крупнодисперсные и тонкодисперсные твердые частицы являются основными загрязнителями в Ида-Вирумаа, вызывающими заболеваемость. В отличие от других загрязнителей, в случае сероводорода отсутствовали неблагоприятные последствия в случае исследованных жалоб на здоровье. Хотя низкие концентрации сероводорода и не имеют токсического эффекта, однако данный загрязнитель вызывает ощутимый запах уже при очень низких концентрациях и является причиной для родительского беспокойства.

В случае бензола была выявлена статистически значимая связь со многими исследованными заболеваниями или симптомами, при контакте либо в школе, либо дома. Если сравнивать взаимосвязи бензола, происходящего из всех источников, и бензола только из источников сланцевого сектора, то бензол, вызванный сланцевой промышленностью, оказывает немного большее воздействие (более высокие шансы, что отражает более высокий риск возникновения заболеваний в более загрязненных сланцевой промышленностью районах, по сравнению с менее загрязненными районами). На основании моделирования загрязнения воздуха, преобладающая часть контактов с бензолом как раз и происходит из источников сланцевой промышленности.

**В случае FeNO (концентрации фракционированного выдыхаемого оксида азота) речь идет о биомаркере астмы и аллергической гиперчувствительности, то есть атопической сенсibilизации.*

В случае загрязнения воздуха в виде крупнодисперсных и тонкодисперсных твёрдых частиц было выявлено негативное влияние на здоровье частиц, происходящих только из источников сланцевого сектора, в то время как преобладающая часть контактов учащих с загрязняющими воздух частицами вызвана совсем другими источниками. Причиной этого может быть более высокая токсичность частиц, вызванных сланцевой промышленностью, или они служат индикатором промышленного загрязнения в целом, поскольку эти выбросы более точно измеряются и лучше контролируются, а дисперсная модель загрязнения воздуха лучше валидируется.

В случае бензо(а)пирена была выявлена статистически значимая связь только с бронхитом, перенесенным в раннем возрасте, а также вероятность его возникновения повышал бенз(а)пирен, вызванный только сланцевой промышленностью. Бенз(а)пирен, происходящий из всех источников, наоборот, коррелировал с меньшим возникновением бронхита и астмы. Основным источником бенз(а)пирена является печное отопление, из-за чего этот загрязнитель равномерно распределен по всему Ида-Вирускому региону, и из-за печного отопления в регионах, более чистых от промышленного загрязнения, концентрации, наоборот, выше. Сланцевым сектором, согласно отчетности о выбросах, вызвана только крошечная доля бенз(а)пирена, в то время как было выявлено его статистически значимое влияние на возникновение бронхита. На самом деле, бенз(а)пирен здесь тоже может быть индикатором промышленного загрязнения в целом, или же выбросы сланцевого сектора в действительности несколько больше, что и обусловило его влияние на здоровье. Модель дисперсии сероводорода отличалась от других загрязнителей и имела статистически значимую отрицательную связь с бензолом и тонкодисперсными твёрдыми частицами. Это также было причиной, из-за которой в регрессионном анализе он стал защитным фактором в отношении респираторных заболеваний в раннем детском возрасте.

В конечном счете, в ходе данного исследования было выявлено влияние загрязнения воздуха, прежде всего, на формирование хронических заболеваний или аллергии и на наличие пневмонии или бронхита, перенесенных в детстве. Мы не обнаружили никаких статистически значимых связей ни с одной из проблем с дыхательными путями, выявленных за последние 12 месяцев, таких как свистящее дыхание, приступы одышки, кашель и острый бронхит. На основе результатов данного перекрестного исследования не представляется возможным определить, может ли это быть в определенной мере обусловлено снижением уровня загрязнения окружающей среды в последнее десятилетие, или же это вызвано какой-то другой причиной. Однако выяснением причины этого, несомненно, следует заниматься дальше. Например, по прошествии 5–10 лет необходимо обследовать детей, если у них был длительный контакт с несколько меньшей концентрацией загрязнителей. С другой стороны, у нескольких загрязнителей, таких как тонкодисперсные твердые частицы, согласно современным познаниям, отсутствует безопасный пороговый уровень, и риск для здоровья выявляется даже в том случае, если концентрации остаются в рамках предельного значения.

Исследование также показало, что загрязнение воздуха может как непосредственно влиять на возникновение респираторных заболеваний, так и косвенно увеличивать atopическую (аллергическую) сенсibiliзацию и, следовательно, возникновение

симптомов респираторных заболеваний. Об этом свидетельствуют связи между воздействием загрязнения воздуха и аллергией, а также, в свою очередь, анализ связи между аллергией и жалобами, связанными с дыхательными путями.

Методика, разработанная в рамках исследования, позволила найти взаимосвязи между загрязненностью воздуха и заболеваемостью; те же принципы и анализы могут быть применены и местными врачами, чтобы диагностировать заболевания у школьников и назначать им лечение.

В целях дальнейшего снижения воздействий сланцевой отрасли на здоровье, на основании данного исследования, мы даем следующие рекомендации:

- промышленным предприятиям сланцевого сектора следовало бы в большей степени сделать приоритетным снижение загрязнения воздуха, чтобы окружающая среда и далее улучшалась, и воздействия на здоровья сокращались. В противовес предыдущему снижению выбросов диоксида серы, оксида азота и других загрязнителей, следует больше сосредоточиться на ограничении выбросов токсичных загрязнителей, таких как бензол, тонкодисперсные твердые и другие частицы;
- в большем количестве мест в Ида-Вирумаа можно было бы следить за качеством воздуха в отношении загрязнителей, характерных для сланцевого сектора, таких как бензол и фенол, а также мотивировать промышленные предприятия и дальше снижать загрязнение воздуха;
- большее внимание можно было бы обращать на выяснение дополнительных источников выбросов (в том числе дисперсных), которые иногда вызывают очень большие различия между концентрациями загрязнителей, смоделированными на основе выбросов информационной системой по источникам загрязнения воздуха, и концентрациями, измеренными на станциях мониторинга. Таким образом, можно было бы лучше регулировать контроль над выбросами и их снижение;
- местные семейные врачи должны лучше понимать взаимосвязь между загрязненностью воздуха и заболеваемостью и обеспечивать детям соответствующее лечение;
- родителям должны следить за состоянием детей и при возникновении жалоб обращаться к врачу, а затем продолжать лечение, даже если состояние здоровья ребенка улучшилось;
- Министерству социальных дел и окружающей среды в сотрудничестве с другими министерствами следует продолжить исследования по вопросам здоровья детей и загрязнения окружающей среды, а также информировать население об изменениях в окружающей среде и об увеличении и уменьшении проблем со здоровьем. Одним из способов оценить воздействия изменений в уровнях загрязнения могло бы быть повторное исследование через 5–10 лет, с использованием разработанной методики.

1. Введение

Сланцевая промышленность – крупнейшая в Эстонии отрасль промышленности, загрязняющая окружающую среду. Хотя в последние десятилетия количества загрязняющих веществ, выделяемых сланцевой промышленностью, и снизились, однако сжигание горючего сланца создает львиную долю выбросов, загрязняющих воздух. Сланцевая промышленность является источником происхождения 97% выбросов SO_2 , 80% выбросов CO , 69% выбросов NO_x и 67% выбросов крупнодисперсных твёрдых частиц в Эстонии. 95% опасных отходов всей Эстонии образуется в сланцевой промышленности (зола и полукокс). Большинство опасных отходов отправляется на хранение, и из этих хранящихся отходов выделяются вредные вещества и в воздух (Kohv и др., 2018; OECD, 2017). Однако, поскольку основная часть этих выбросов осуществляется через высокие дымовые трубы, эти выбросы рассеиваются на больших территориях, что приводит к относительно более низким концентрациям и воздействию на население на единицу загрязнителя по сравнению с низкими дымоходами и местными источниками (Puura и др., 2014). Таким образом, мы не можем сказать, что 67% контактов населения Эстонии с тонкодисперсными твёрдыми частицами вызваны сланцевой промышленностью, однако в Ида-Вирумаа основным источником контакта с тонкодисперсными твёрдыми частицами является сланцевая промышленность (Oru, 2014).

Самая большая часть сланцевой промышленности находится в Ида-Вирумаа, где проживает 11,2% населения Эстонии (OECD, 2017). Там находится в общей сложности 30 предприятий, занимающихся добычей и сжиганием горючих сланцев или производством сланцевого масла. Крупные предприятия в регионе – Kiviõli Keemiatööstus, концерн Eesti Energia AS, Viru Keemia Grupp (VKG) и Силламяэский порт (Kesanurm, 2015). Исторически сложилось так, что более трех четвертей добываемых горючих сланцев отправлялось на теплоэлектростанции, а остальной сланец перерабатывался в сланцевое масло или в более ценные химикаты – например, в фенолы (OECD, 2017). В то же время, это соотношение может значительно варьироваться от года к году. Например, в определенные годы доля сланцевого масла снижалась в связи с низкими ценами на нефть (TTÜ, 2015). Аналогичным образом, в настоящий момент, в 2019 году, значительно снизилась доля производства электроэнергии в связи с ростом цен на квоту двуокиси углерода (CO_2), что увеличило себестоимость производства и сделало производство электроэнергии малоприбыльным.

Воздействие сланцевой промышленности на здоровье изучалось в разные периоды времени. В ходе исследований, проводившихся в советский период, было выявлено негативное влияние сланцевой промышленности на здоровье как детей, так и взрослых (Etlin, 1989). Связи с высокой распространенностью проблем со здоровьем и заболеваемости обнаружилось как при проживании регионов сланцевой промышленности, при проживании поблизости от промышленных предприятий и при контакте с высокими концентрациями загрязнителей.

Исследования, проведенные после обретения Эстонией независимости показали, что у детей Ида-Вирумаа значительно чаще диагностировалась астма, а также симптомы астмы и аллергический риноконъюнктивит у школьников встречались чаще, чем в других

регионах Эстонии. В то же время исследования среди школьников показали и то, что детская астма участилась по всей Эстонии (Björkstén и др., 1998; Julge и др., 2006; Vasar и др., 2011). В целом, за последние два десятилетия астма и симптомы астмы участились в большей степени в тех странах, где их распространение до сих пор было относительно низким, в том числе в Эстонии (Patel и др., 2008; Annus & Voor, 2005; Asher и др., 2006). Вероятно, это вызвано различными причинами, но контакт с загрязнением воздуха увеличивает вероятность возникновения этих проблем (WHO, 2013).

Исследование, нацеленное непосредственно на сланцевую промышленность, Департамент здравоохранения и Тартуский университет проводили в 2014–2015 годах в Ида-Вируском и Ляэне-Вируском уездах (Tartu Ülikool & Terviseamet, 2015). В ходе оценки загрязненности воздуха выяснилось, что, хотя качество воздуха и улучшилось, оно по-прежнему является проблемой. В ходе исследования авторы также пришли к выводу о том, что сообщаемые количества выбросов загрязнителей ниже, чем реальные, поскольку моделирования, выполненные на их основе, дали в несколько раз более низкие концентрации, чем те, о которых сообщалось измерительными станциями (Kesanurm, 2015).

В ходе статистических анализов воздействий на здоровье – как сообщаемых самим респондентами, так и обнаруженных при клинических исследованиях – были выявлены связи как суммарного загрязнения, так и загрязнения фенолом, бензолом и крупнодисперсными твёрдыми частицами, вызванными сланцевой промышленностью, с различными респираторными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. По сравнению с взрослым населением Ляэне-Вирумаа и Тарту, жители Ида-Вирумаа чаще жаловались на свистящее дыхание, нехватку воздуха, тяжесть в груди, приступы астмы, длительный кашель, высокое артериальное давление, болезни сердца, инсульт и диабет (Orru и др., 2018).

У детей регионов Ида-Вирумаа с высокой загрязненностью воздуха (Кохтла-Ярве, Пюсси, Нарва, Кивиыли) в 2–4 раза чаще встречались проблемы с дыхательными путями (одышка, насморк, сухой кашель, астма), чем на референтной территории Тартумаа. У детей, которые подверглись воздействию загрязнения воздуха, вызванного сланцевой промышленностью (бензол, формальдегид, фенол и углеводороды, кроме метана), чаще встречалась значительно более высокая концентрация биомаркера FeNO астмы и аллергической гиперчувствительности, то есть атопической сенсibilизации, в выдыхаемом воздухе ($\text{FeNO} \geq 30 \text{ млрд}^{-1}$), по сравнению с детьми, проживающими в Тартумаа. Повышенные концентрации FeNO у школьников Ида-Вирумаа, у которых не была диагностирована астма, свидетельствуют о том, что часть случаев детской астмы может быть не диагностирована, или астма еще только формируется. На территориях с повышенной концентрацией бензола и формальдегида у детей в большей степени были исследованы респираторные симптомы и диагностирована астма (Idavain и др., 2019). Дети особенно чувствительны к загрязненному воздуху, поскольку их дыхательные пути еще до конца не развиты, и их подверженность загрязнению воздуха может привести к повреждению легких (Kurt и др., 2016; Rice и др., 2016).

Основываясь на предыдущем исследовании воздействий сланцевой промышленности на здоровье, можно сказать, что количества загрязнителей в регионе несомненно нуждались в уточнении. Кроме того, нуждались в уточнении наличие аллергии у детей с респираторными заболеваниями, а также взаимосвязи между состоянием атмосферного воздуха и возникновением детской астмы, других аллергических заболеваний и аллергической сенсibilизации.

2. Цели исследования

Цель исследования состояла в том, чтобы разработать и применить методику, позволяющую оценивать взаимосвязи между состоянием окружающей среды и состоянием здоровья детей в районах, подверженных влиянию сланцевой промышленности.

Более конкретными задачами исследования при использовании разработанной методики было:

- выяснить контакт учащихся школ, привлеченных к исследованию, с загрязнением воздуха, происходящим как из источников сланцевого сектора, так и из прочих источников;
- выяснить, имеют ли более загрязненные районы более высокий уровень заболеваний и симптомов, связанных с загрязнением воздуха, и более низкие объективно оцениваемые клинические показатели;
- оценить роль аллергии в развитии восприимчивости к загрязнению воздуха и респираторным заболеваниям;
- составить рекомендации о том, как применять разработанные методики для анализа взаимосвязей между состоянием окружающей среды и состоянием здоровья ребенка также и в будущем.

На основании результатов исследования предполагается также дать рекомендации о том, какие дополнительные меры следует принять в целях дальнейшего снижения негативного воздействия сланцевой промышленности на окружающую среду. Осуществление данных мер в долгосрочной перспективе позволит улучшить здоровье и благополучие жителей сланцевого региона.

3. Выборка и методика исследования

3.1. Школы, привлеченные к исследованию

В исследование были включены дети третьего и четвертого классов в возрасте от 9 до 10 лет из школ, расположенных в Ида-Вирумаа. Школы для исследования были выбраны таким образом, чтобы к нему были привлечены области с различными ожидаемыми уровнями загрязнения воздуха, с использованием уровней загрязнения воздуха, обнаруженных в ходе предыдущих исследований (Orru и др., 2018). Прежде всего, в крупные школы регионов были отправлены приглашения к участию в проекте. На основе обратной связи и согласий, полученных от школ, из числа школ, желающих принять участие в исследовании, были отобраны в общей сложности двадцать учебных заведений:

- Ийзакуская гимназия;
- Йыхвиская основная школа;
- Йыхвиская Русская основная школа;
- Кивиылиская 1-я средняя школа;
- Кивиылиская Русская школа;
- Кохтла-Ярвская Ахтмеская гимназия;
- Кохтла-Ярвская Ярвская гимназия;
- Кохтла-Ярвская Кесклиннская основная школа;
- Кохтла-Ярвская Славянская основная школа;
- Кохтла-Ныммеская школа;
- Люганузская средняя школа;
- Мяэтагузская основная школа;
- Нарва-Йыэсууская школа;
- Нарвский Языковой лицей;
- Нарвская Кренгольмская гимназия;
- Нарвская гимназия Сольдино;
- Синимяэская основная школа;
- Силламяэская Ваналинская школа;
- Силламяэская Эстонская основная школа;
- Тойлаская гимназия.

На нижеприведенном рисунке 1 показано расположение исследуемых школ в Ида-Вирумаа.

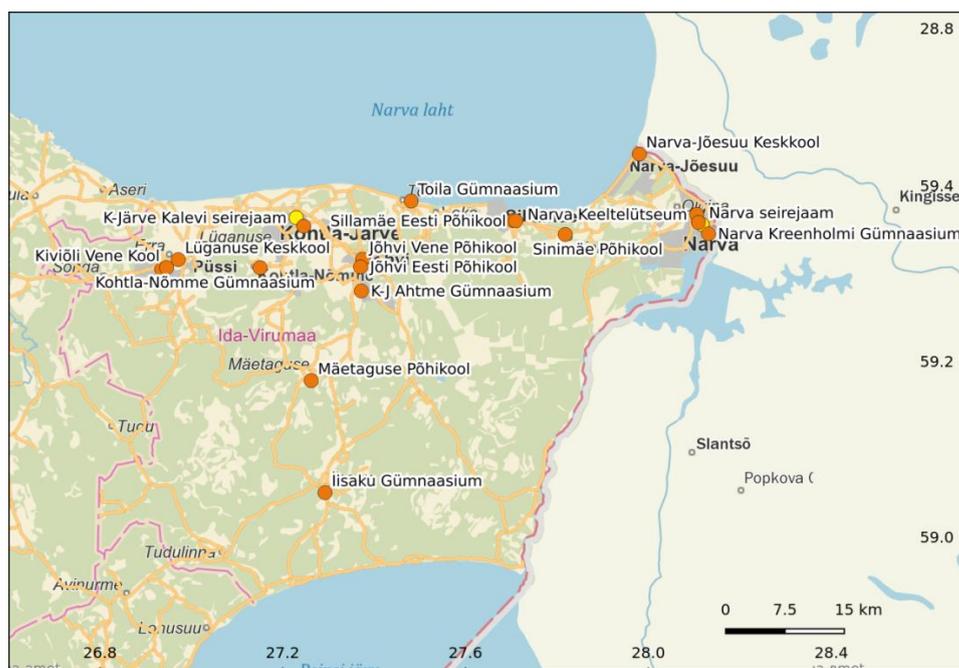


Рисунок 1. Расположение школ, станций мониторинга и пассивных пробоотборников (расположенные при школах указаны оранжевым цветом, при измерительных станциях – желтым).

В ходе настоящего исследования проводились как опросное, так и клиническое исследования, были выполнены измерения загрязнения воздуха около школ и смоделированы уровни загрязнения воздуха вокруг дома и в школе. Исследование получило согласование от комитета по этике исследований на человеке Тартуского университета: протокол № 286/Т-11 от 28/11/2018.

3.2. Опросное исследование

Вопросники вместе с конвертом раздавались учащимся в школе. Учащиеся заполнили вопросник дома вместе с родителем и вернули заполненный вопросник в запечатанном конверте в школу, которая отправила его исследователям Тартуского университета.

Вопросник включал в себя вопросы о наличии респираторных, т. е. связанных с дыхательными путями, симптомов и аллергий, а также о среде обитания и образе жизни детей (которые являются сопутствующими экологическими факторами при возникновении воздействий на здоровье) (Приложение 1). Чтобы обеспечить возможность оценки контакта с загрязнителями не только в школе, но также и в окрестностях дома, опрошенным предлагалось написать и домашний адрес. Анкеты раздавались как на эстонском, так и русском языках, исходя из того, какой язык учащиеся используют дома.

3.3. Клинические исследования

Вместе с опросом родителям и детям также раздавалось приглашение вместе с описанием клинических исследований и формой согласия на участие в исследовании (Приложения 2 и 3). Если родители и ребенок были согласны принять участие в клиническом исследовании, они возвращали в запечатанном конверте вместе с вопросником также и подписанное согласие. Поскольку для всего объема исследования планировалось участие 1000 респондентов, а в клиническом испытании – 600 участников, в связи с заполнением выборки для клинического исследования, в Кохтла-Ярвеской Кесклиннаской основной школе и Кохтла-Ярвеской Славянской основной школе проводилось только опросное исследование.

Клинические исследования проводились в школах работниками детской клиники Института клинической медицины Тартуского университета в школьном медкабинете, с января по март 2019 года. Дети по одному обследовали во время уроков, причем исследование длилось около 15 минут. В ходе исследования проводились следующие клинические исследования:

3.3.1. Спирометрия, или определение объема легких

Спирометрия – неинвазивное исследование, которое измеряет объем и скорость движения воздуха в легких во время дыхания. Величина объема легких по сравнению с нормальными значениями позволяет оценить наличие и выраженность дыхательной недостаточности. Если скорость движения воздуха в дыхательных путях снижена, как правило, речь идет о сужении просветов бронхов. В детском возрасте причинами этого являются бронхиальная астма и астма у взрослых или хроническая обструктивная болезнь легких.

Результаты спирометрии зависят от пола, возраста, роста, веса и расы. Перед выполнением теста компьютерная программа вычисляет для каждого исследуемого объем воздуха, выдыхаемого предположительно за одну секунду (FEV1). Для того, чтобы сделать глубокий и достаточно длительный выдох, прежде всего, исследуемый равномерно и спокойно вдыхает и выдыхает пару раз через мундштук спирометра, затем делает глубокий вдох, а после этого, в течение 1 секунды – максимальный выдох.



Теперь его фактический выдыхаемый объем воздуха сравнивается с предполагаемым, и получается показатель FEV1 в процентах. Объем воздуха, выдыхаемый в течение первой секунды (FEV1/ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 секунду) в процентах, по сравнению с предполагаемым, т. е. референтным, значением (FVC/ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких) должен составлять не менее 80%. Оценивается также объем воздуха, выдыхаемого в течение 1 секунды, в отношении объема легких FEV1/FVC. Если дыхательные пути сужены, то количество воздуха, которое исследуемый способен быстро выдохнуть, снижено, и у него более низкие показатели FEV1 и FEV1/FVC. У детей нормативное значение FEV1/FVC превышает 85% (Miller и др., 2005).

3.3.2. Определение окиси азота в выдыхаемом воздухе

Концентрация фракционированного оксида азота в выдыхаемом воздухе (FeNO) является биомаркером эозинофильного воспаления дыхательных путей. Это также современный, удобный и быстрый неинвазивный метод оценки аллергического воспаления дыхательных путей. Это исследование помогает врачу в диагностике астмы, назначении лечения и оценке результатов лечения.

В настоящем исследовании использовался аппарат NIOX VERO шведской компании Aerocrine, с помощью которого исследования могут проводиться, начиная с 5–6-летнего возраста. Обязательным условием проведения исследования является то, что пациент должен дышать с равномерной силой через мундштук в течение не менее 6 секунд, что фиксирует концентрацию оксида азота в выдыхаемом воздухе.



Оксид азота производится в легких и присутствует в выдыхаемом воздухе у всех людей. Если концентрация FeNO в выдыхаемом ребенком воздухе составляет менее 15 млрд⁻¹ (ppb – parts per billion, миллиардных долей), то очень маловероятно, что у него имеется воспаление дыхательных путей. Если концентрация FeNO у ребенка выше 35 млрд⁻¹, то очень вероятно, что у него аллергическое воспаление дыхательных путей. Концентрация

FeNO используется при диагностике астмы, однако астма является очень гетерогенным заболеванием, и не при всех формах астмы концентрация FeNO повышена. Также и у здоровых детей обнаруживалась концентрация FeNO свыше 15 млрд⁻¹. Помимо астмы, повышенная концентрация FeNO может указывать и на некоторые другие респираторные заболевания, такие как бронхит (Dweik и др., 2011; Karvonen & Lehtimäki, 2019). При этом исследовании превышением нормы считается концентрация FeNO ≥ 30 млрд⁻¹, которая оценивалась как повышенное значение и в предыдущем исследовании (Idavain и др., 2019).

3.3.3. Выявление аллергической гиперчувствительности

Аллергенами в основном являются белковые антигены, которые способны связываться со специфическими антителами – иммуноглобулином E (S-IgE) – и вызывать аллергическую реакцию. Рост концентрации аллергенспецифических антител IgE в сыворотке крови показывает сенсибилизацию, т. е. гиперчувствительность к этим аллергенам. Таким образом, можно идентифицировать один аллерген, которого следует избегать.

У учащихся, согласившихся на участие в исследовании, было взято 5 мл венозной крови, из которых была выделена сыворотка, которую заморозили до выполнения исследований. В Объединенной лаборатории Клиники Тартуского университета все образцы сыворотки были исследованы с помощью скринингового теста «Фадиа топ» (Phadiatop), который включает в себя смесь из 8 аэроаллергенов: пылевые клещи (*Dermatophagoides (D.) pteronyssinus* и *D. Farinae*), кошка, собака, лошадь, тимофеевка, береза, полынь и плесень (*Cladosporium spp.*). Те образцы сыворотки, в которых, согласно тесту «Фадиа топ», концентрация антител IgE превышала 0,35 кМЕ/л, исследовались дополнительно по всем содержащимся в этом тесте аллергенам.

- Отрицательная реакция: антитела отсутствуют – класс 0 (0–0,35 кМЕ/л);
- Положительная реакция (в соответствии с уровнем антител): *низкая – класс 1 (0,36–0,70 кМЕ/л), *умеренная – класс 2 (0,71–3,50 кМЕ/л), *высокая – класс 3 (3,51–17,5 кМЕ/л), *очень высокая – класс 4 (17,51–50,0 кМЕ/л), *очень высокая – класс 5 (> 50,1 кМЕ/л).

3.4. Оценка воздействия на учащихся загрязнителей

Уровни загрязнения воздуха были проанализированы, при этом контакт с ними оценивался в отношении следующих загрязнителей:

Бензол (C₆H₆) – быстро испаряющаяся бесцветная жидкость. Основными источниками бензольного загрязнения являются переработка нефти, производство топлива, химическая промышленность (производство химикатов из бензола (стирол, фенол) и их синтез). Бензол попадает в атмосферу также с топливных заправок, из хранилищ топлива и двигателей внутреннего сгорания. Бензол является канцерогеном 1-го класса, по классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР/IARC), и основной путь воздействия на человека - вдыхание бензолсодержащего воздуха.

Формальдегид (CH₂O) – органическое соединение, которое обычно используется в химической промышленности в качестве сырья (например, при производстве

фенолформальдегидных смол, в составе клеев и древесно-стружечных плит); относится к числу карбонильных соединений. Является канцерогеном 1-го класса, по классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР/IARC), и его вдыхание может повлечь за собой различные неблагоприятные последствия для здоровья.

Фенол (C_6H_5OH) – бесцветное органическое соединение с характерным запахом, которое образуется в больших количествах, например, при термической обработке горючих сланцев. Кроме того, фенолы выделяются в атмосферный воздух при сжигании топлива и при производстве эпоксидных смол. Длительный контакт путем вдыхания может привести к сердечно-сосудистым и респираторным заболеваниям.

Крупнодисперсные твердые частицы (TC_{10}) – частицы, которые проходят через размерно-селективную апертуру с аэродинамическим диаметром 10 мкм в 50 процентах случаев (тонкодисперсные твердые частицы диаметром менее 10 мкм). В эту фракцию входит большая часть антропогенного пылевого загрязнения. Длительный контакт может привести к более высокому уровню заболеваемости сердечно-сосудистыми и респираторными заболеваниями; крупнодисперсные твердые частицы являются канцерогеном 1-го класса, по классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР/IARC).

Тонкодисперсные твердые частицы ($TC_{2.5}$) – частицы, которые проходят через размерно-селективную апертуру с аэродинамическим диаметром 2,5 мкм в 50 процентах случаев (тонкодисперсные твердые частицы диаметром менее 2,5 мкм). В эту фракцию входит большинство антропогенных частиц, связанных с процессами горения. Длительный контакт может привести к более высокому уровню заболеваемости сердечно-сосудистыми и респираторными заболеваниями; тонкодисперсные твердые частицы являются канцерогеном 1-го класса, по классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР/IARC).

Бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$) – полициклический ароматический углеводород, которые образуется в результате неполного сгорания или пиролиза органического вещества. В(а)Р является полициклическим ароматическим углеводородом с наибольшим токсическим потенциалом, а также канцерогеном 1-го класса, по классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР/IARC).

Сероводород (H_2S) – бесцветное ядовитое химическое соединение с запахом тухлых яиц, со слабым запахом даже при низких концентрациях. Образуется в ходе разнообразных промышленных процессов, таких как термическая обработка горючих сланцев и очистка сточных вод. Нефтепродукты также содержат различные редуцированные соединения серы (меркаптаны, сероводород), которые испаряются с поверхности нефтепродуктов во время заправки. Кроме того, он образуется в природе при разложении органического вещества в анаэробных условиях.

3.4.1. Измерение загрязнения воздуха пассивными пробоотборниками

Для оценки долгосрочных уровней бензола, фенола и формальдегида около исследуемых школ использовались пассивные пробоотборники. С помощью пассивных пробоотборников можно относительно легко и недорого измерить уровни загрязнения воздуха во многих местах одновременно. В настоящее время на станциях мониторинга указанные загрязняющие вещества измеряются лишь эпизодически или во время

краткосрочных кампаний. Измеряя концентрации около включенных в исследование школ и измерительных станций, можно получить более полную картину загрязненности воздуха в Ида-Вирумаа.

Все измерения, проведенные с помощью пассивных пробоотборников, и их анализы были выполнены в соответствии со стандартами EVS-EN ISO 16017-2 и EPA TO-11A. Местонахождения измерительных пунктов приведены на рисунке 1, и их точные места расположения – в Приложении 4.

Отбор проб бензола и фенола производился в течение одного месяца, с 07.02.2019 по 08.03.2019, а сбор проб формальдегида происходил в течение одной недели (более короткий период исходя из стандарта EN ISO 16017-2), с 28.02.2019 по 08.03.2019. Дополнительный сбор проб формальдегида в десяти выбранных измерительных пунктах происходил в период с 03.07.2019 по 10.07.2019. Средние температуры в течение периода измерений были получены из данных, зафиксированных на станциях мониторинга в Нарве, Кохтла-Ярве и Синимяэ, ближайших к точке отбора проб, а также из данных станции мониторинга Агентства по окружающей среде в Йыхви.

Пробы фенола и бензола в измерительных пунктах были собраны с помощью пассивных пробоотборников *Radiello*, а пробы формальдегида – с помощью *Radiello* и *Aquaria Ring*. Пробоотборники были установлены в специальных «домиках» под навесом, защищающих от прямого ветра и осадков, на высоте 3–4 м над землей. Примеры пробоотборников и их расположения показаны на рисунке 2.



Рисунок 2. Пробоотборник *Radiello* и его расположение под специальным «навесом».

Принцип действия пассивных пробоотборников заключается в связывании загрязняющего вещества в абсорбенте, расположенном в коллекторе; при этом определяющим фактором являются скорость процесса диффузии загрязнителя и размер пор диффузионной оболочки коллектора. Объем пробы, увязываемый в пробоотборнике, зависит от времени, когда он находится в контакте с исследуемым воздухом и температурой. При отборе проб бензола, фенола и формальдегида, а также их анализе, исследователи исходили из стандартных инструкций по работе STJnrÕ112, STJnrÕ147 и STJnrÕ121, которые основываются на методике анализа диффузных пробоотборников *Radiello*, и которые можно увидеть на сайте поставщика <https://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/analytical/radiello-air sampler.html>. Кроме того, для сбора проб формальдегида использовались пассивные

пробоотборники Aquaria Ring, анализы которых выполнялись в соответствии с методикой анализа, предусмотренной изготовителем, также со стандартной инструкцией по работе STJnrÖ121.

Результаты анализов пассивных пробоотборников характеризуют средние концентрации загрязняющих веществ в соответствующей точке измерения за период измерения. Средняя концентрация за период находится путем следующего хода вычислений:

$$C = m / (Q \times t) \times 1000000$$

где,

C – средняя концентрация за период сбора проб соединения, мкг/м³

m – масса соединения, полученная при анализах проб с помощью жидкостного хроматографа, мкг

t – длительность периода сбора проб, мин.

Q – скорость диффузионного процесса при средней температуре сбора проб, мл/мин.

3.4.2. Моделирование уровней загрязнения воздуха

Для моделирования концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе использовалось программное решение Эстонской системы управления качеством воздуха AirViro, которое объединяет в себе базы данных о выбросах, данные мониторинга и модуль расчетов по моделированию. В различных базах данных о дисперсных и точечных источниках загрязнения содержатся ежегодные количества выбросов загрязнителей, происходящих из источников загрязнения. В модуле данных мониторинга собираются и хранятся результаты измерений государственного мониторинга и собственного мониторинга предприятий по годам, которые также служат основой для анализа изменений качества атмосферного воздуха и для валидации результатов моделирования. Кроме того, с помощью модуля данных мониторинга собираются параметры, характеризующие погоду. Модуль моделирования включает в себя различные математические модели для определения уровня качества атмосферного воздуха (Гауссова модель, MATCH, сетевая модель, рецепторная модель и модель уличного каньона и т. д.), которые используются, в зависимости от постановки задач и размера области, для выполнения расчетов дисперсии загрязняющих веществ. Результатом расчетов дисперсии являются карты дисперсии на основе соединений исследуемого региона в виде концентраций исследуемых соединений.

При выполнении расчетов дисперсии, проведенных в рамках данной работы, в качестве входных данных для моделирования использовались составленная Агентством по окружающей среде (KAUR) база данных источников загрязнения атмосферного воздуха OSIS2017, база данных о количествах вызванных дорожным движением выбросов Traffic2017, база данных о количествах выбросов локального отопления домохозяйств Kohtküte2017, база данных о выбросах в сельском хозяйстве и погодные параметры, измеренные на метеостанции Азери в 2017 году. Данные о количествах выбросов различных загрязняющих веществ содержатся в базах данных следующим образом:

1. OSIS2017 – крупнодисперсные твердые частицы, тонкодисперсные твердые частицы, бензол, формальдегид, сероводород, фенол, бензо(а)пирен;
2. Traffic2017 – крупнодисперсные твердые частицы, тонкодисперсные твердые частицы, бензо(а)пирен;
3. Kohtküte2017 – крупнодисперсные твердые частицы, тонкодисперсные твердые частицы; бензо(а)пирен;
4. База данных о сельскохозяйственных выбросах – крупнодисперсные твердые частицы, тонкодисперсные твердые частицы, сероводород.

Из баз данных выбросов были отобраны для расчетов дисперсии только количества выбросов загрязняющих веществ, связанные с источниками загрязнения, расположенными в Ида-Вирумаа. Количество выбросов источников загрязнения, связанных только со сланцевой промышленностью, были получены из базы данных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу OSIS2017, и для моделирования концентрации загрязняющих веществ были отобраны только поверхностные и точечные источники загрязнения, непосредственно связанные со сжиганием горючих сланцев, их термической обработкой и сланцехимией. Расчеты дисперсии загрязняющих веществ были выполнены на основании выбросов загрязняющих веществ из установок и связанных с ними источников выбросов, принадлежащих предприятиям, относящимся только к сланцевой промышленности, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1. Предприятия сланцевой промышленности

Enefit Energiatootmine AS	Sillamäe SEJ AS
Enefit Kaevandused AS	VKG Transport AS
Enefit Solutions AS	VKG Energia OÜ
Kiviõli keemiatööstuse OÜ	VKG Oil AS
KKT Oil OÜ	VKG Kaevandused OÜ

Расчеты дисперсии были выполнены с использованием модели сети Airviro, которая основана на уравнении турбулентной адвекции-диффузии Эйлера, которое учитывает изменение метеорологических условий, эстонскую физиографию, а также влажные и сухие осадки для расчета среднегодовых концентраций в фиксированной системе координат. Модель используется в расчетах дисперсии на мезо- и макрошкале – в основном для комплексных источников загрязнения (поверхностных и пространственных); в качестве высоты над поверхностью земли в расчетах моделирования установлено значение 2,0 м. При моделировании была выбрана длина сторон квадратов моделирования – 1 км. Расчеты рассеяния были основаны на выбросах 2017 года и данных о погоде.

Прежде всего, было выполнено моделирование на основе загрязнителей, отдельно по каждой базе данных о выбросах, а затем полученные среднегодовые концентрации загрязняющих веществ были суммированы по клеткам моделирования, а к результатам по бензо(а)пирену и тонкодисперсным частицам была также добавлена средняя фоновая концентрация этих соединений за 2017 год, по данным мониторинга Лахемааской станции мониторинга. В результате моделирования среднегодовые концентрации

загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Ида-Вирумаа в мкг/м³ в 2017 году были рассчитаны на основе выбросов загрязнителей и фоновых концентраций всех источников в базах данных. Отдельно среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в Ида-Вирумаа были рассчитаны на основе выбросов из источников, относящихся только к сланцевой промышленности.

Среднегодовые концентрации, смоделированные на основе выбросов из всех источников загрязнения, расположенных в Ида-Вирумаа, были валидированы по соединениям с помощью данных мониторинга следующим образом:

- тонкодисперсные твердые частицы – средние концентрации за один час, измеренные на станциях мониторинга в Кохтла-Ярве, Силламяэ, Нарве и Синимяэ в 2017 году;
- Крупнодисперсные твердые – средние концентрации за один час, измеренные на станциях мониторинга в Кохтла-Ярве, Силламяэ, Нарве и Синимяэ в 2017 году;
- Сероводород – средние концентрации за один час, измеренные на станциях мониторинга в Кохтла-Ярве, Нарве и Синимяэ в 2017 году;
- Бензо(а)пирен – средние концентрации за 24 часа, измеренные на станциях мониторинга в Кохтла-Ярве и Нарве в 2017 году;
- Формальдегид – отсутствуют долгосрочные данные мониторинга, на основе которых можно выполнить валидацию, однако при валидации результатов использовались результаты исследования пассивных пробоотборников, проведенного в рамках данного проекта, и результаты предыдущей случайной выборки;
- Фенол – отсутствуют долгосрочные данные мониторинга, на основе которых можно выполнить валидацию, однако при валидации результатов использовались результаты исследования пассивных пробоотборников, проведенного в рамках данного проекта, и результаты предыдущей случайной выборки;
- Бензол – валидация производилась через соотношение концентраций диоксида азота к бензолу, на основании данных, полученных на Таллиннской Ыйсмяэской станции мониторинга в 2017 году, а также средних концентраций диоксида азота за 1 час, измеренных на станциях мониторинга в Кохтла-Ярве, Силламяэ, Нарве и Синимяэ в 2017 году. Кроме того, результаты пассивного выборочного исследования, проведенного в рамках этого проекта, были использованы для валидации.

Расчеты дисперсии, выполненные на основании выбросов только из источников, связанных со сланцевой промышленностью, валидировать отдельно не представлялось возможным.

3.4.2. Геокодирование и привязка школьных и домашних адресов учащихся к воздействию загрязнения воздуха

Адреса школ и домашние адреса всех детей, привлеченных к исследованию, были геокодированы. Для этого по текстовым адресам были найдены географические координаты адресных пунктов. Для геокодирования использовалась публичная «Услуга геокодирования» Земельного департамента, доступная на сайте Земельного департамента: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Teenused/Geokodeerimise-teenus-p440.html>.

С использованием полученных координат эта база данных была связана с предварительно составленной базой данных моделирования загрязнения воздуха. На основании этого был найден контакт каждого ребенка с загрязнением воздуха по месту своего жительства (у детей, предоставивших адрес в анкете) и в школе (у детей, участвовавших в клиническом исследовании) в течение исследуемого периода.

3.5. Статистический анализ

В ходе исследования были проанализированы результаты опроса, клинических исследований и исследований качества воздуха, чтобы найти взаимосвязь между состоянием атмосферного воздуха и детской астмой, а также другими аллергическими заболеваниями, в районах, подверженных влиянию сланцевой промышленности. Для проведения статистического анализа использовалось программное обеспечение для анализа данных IBM SPSS Statistics 25.

Для расчета корреляций использовался коэффициент корреляции Спирмена. Для сравнения групп использовался χ^2 -критерий, а для сравнения процентов распространения – Z- критерий. В обоих случаях применялась коррекция Бонферрони. Для сравнения постоянных признаков в группах использовался U-критерий Манна-Уитни, поскольку постоянные признаки, измеренные в ходе исследования, не соответствовали нормальному распределению. Для нахождения взаимосвязей между загрязнением воздуха, аллергиями и респираторными показателями использовался, прежде всего, U-критерий Манна-Уитни.

С теми респираторными показателями, которые на основании U-критерия оказались связаны с показателями загрязнения воздуха, была выполнена логистическая регрессия, и результаты были представлены в виде соотношения шансов (OR). Отношение шансов – это показатель, сравнивающий шансы в двух популяциях (у экспонентов и неэкспонированных). Например, дети, экспоненты, которые (наиболее) подвергаются воздействию загрязнения от сланцевого сектора и неэкспонированные дети, которые не подвергаются или подвергаются меньше.

Вероятность наступления события (например, заболевание) указывает, сколько раз событие происходит по сравнению с этим, сколько раз оно не происходит. Отношение шансов показывает, во сколько раз вероятность исследуемого события одной группы отличаются от другой(их):

$$OR = \frac{\text{Случайный шанс у ЭКСПОНЕНТОВ}}{\text{Случайный шанс у НЕЭКСПОНИРОВАННЫХ}}$$

Все модели были адаптированы к чистому доходу семьи, курению (если кто-то в семье курит или когда-то курил), возрасту детей и образованию родителей (учитывался родитель с наивысшим уровнем образования). Отношение скорректированных шансов, которое характеризует отношения двух признаков, также учитывает влияние третьих признаков.

Результаты считались статистически значимыми, если значение p было меньше, чем 0,05.

4. Результаты

4.1. Качество воздуха в Ида-Вирумаа

4.1.1. Анализ данных мониторинга воздуха

Качество атмосферного воздуха в Ида-Вирумаа измеряется в Кохтла-Ярве, на улице Калеви (с 2002 года), и в городе Нарве (с 2002 года).

В соответствии с мониторингом атмосферного воздуха, в отношении концентраций диоксида серы в последние годы произошло снижение как с точки зрения максимальных концентраций, так и в среднегодовой концентрации. Положительное изменение уровня загрязнения диоксидом серы, прежде всего, обусловлено деятельностью местных крупных предприятий, в том числе инвестициями в более чистую технологию. Как правило, речь уже идет о достаточно низких концентрациях, при которых мы не можем предполагать воздействия на здоровье посредством данных загрязнителей (WHO, 2013).

Среднесуточное предельное значение (50 мкг/м^3) крупнодисперсных твёрдых частиц, существенных с точки зрения воздействий на здоровье, было превышено в 2018 году в четыре раза в Кохтла-Ярве; в Нарве оно не было превышено ни разу. Тем не менее, исследования показали, что влияние крупнодисперсных и тонкодисперсных твёрдых частиц на здоровье проявляется и при концентрациях, которые ниже предельного значения (WHO, 2013). Таким образом, здесь всё еще есть риск возникновения воздействия на здоровье.

Однако концентрации связанных с крупнодисперсными твёрдыми частицами тяжелых металлов и полиароматических углеводородов, в том числе бенз(а)пирена, в 2018 году, по сравнению с предыдущим годом, в отношении мышьяка и кадмия оставались на том же уровне, в отношении свинца выросли в Нарве, и в отношении никеля выросли в Нарве и Кохтла-Ярве. Концентрация компонентов смеси полиароматических углеводородов во фракционной мелкой пыли увеличилась, по сравнению с предыдущим годом, как в Кохтла-Ярве, так и в Нарве. Концентрация бензола не превышала ни в Нарве, ни в Кохтла-Ярве среднегодового предельного значения (5 мкг/м^3) или нижнего предела оценки (2 мкг/м^3).

В Ида-Вирумаа, прежде всего, в городе Кохтла-Ярве, актуальной проблемой является также сероводород, основной причиной которой являются сланцевая и химическая отрасли промышленности. Хотя постоянные измерения сероводорода в Кохтла-Ярве и Нарве в последние годы показали значительное улучшение состояния атмосферного воздуха, мониторинг, проведенный в 2018 году показал, что уровень загрязнения сероводородом возрос в обоих городах. В 2018 году в Кохтла-Ярве была измерена 39-часовая средняя концентрация, превышающая предельное значение (Saare и др., 2019). Несмотря на то, что данные концентрации не являются токсичными, они существенно влияют на качество воздуха и в большой степени служат раздражителями. Например, Маасикметс (Maasikmets и др., 2014) обнаружил, что запаховые раздражители встречались чаще, чем в 15% обонятельных ощущений за год, в городе Силламяэ и в регионе, расположенном южнее города Силламяэ. Озабоченность и беспокойство

населения по поводу качества воздуха исследовались как в ходе предыдущего исследования влияния сланцевого сектора на здоровье, так и в настоящем исследовании. Орру и др. (2018b) показали, что при относительно низких концентрациях загрязнения воздуха воздействие на здоровье также может происходить в виде беспокойства и стресса.

Если посмотреть на долгосрочные тенденции в концентрациях загрязняющих веществ, в случае бензола наблюдается некоторое снижение в Нарве, в то время как в Кохтла-Ярве концентрация оставалась прежней, а в Силламяэ в разные годы колебалась (рисунок 3). Концентрации крупнодисперсных и тонкодисперсных твёрдых частиц со временем несколько снизились, но в 2018 году значительно возросли по сравнению с предыдущим годом (рисунки 4 и 5). Концентрации бенз(а)пирена в 2011–2014 годах испытывали незначительную тенденцию к росту, а затем резко снизились в 2015 году и после этого вновь начали расти (рисунок 6). Концентрации сероводорода измерялись в течение длительного периода времени только в Кохтла-Ярве, где в последние годы они стали в 3–4 раза ниже, чем в начале периода измерения, с 2005 по 2008 гг. (рисунок 7). Тем не менее, на станциях в Нарве и Синимяэ они измеряются только с 2017 года, и в обоих случаях было видно значительное увеличение в прошлом году, по сравнению с позапрошлым годом. Одной из задач Синимяэской станции также является и оценка воздействия выбросов сероводорода, вызванных Аувереской электростанцией.

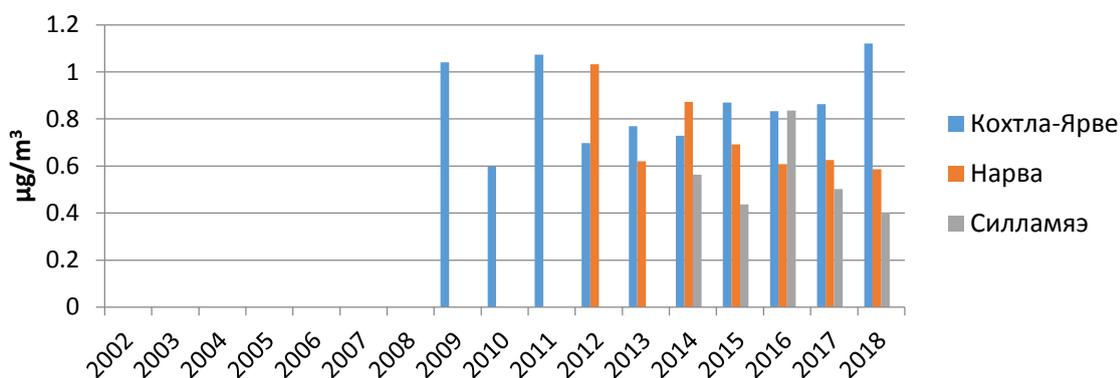


Рисунок 3. Среднегодовые концентрации бензола на станциях мониторинга воздуха в Ида-Вирумаа.

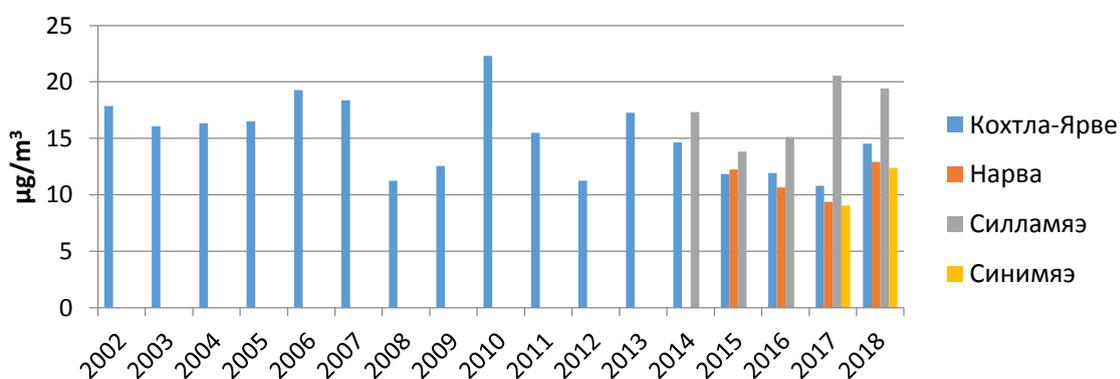


Рисунок 4. Среднегодовые концентрации крупнодисперсных твёрдых частиц (ТЧ₁₀) на станциях мониторинга воздуха в Ида-Вирумаа.

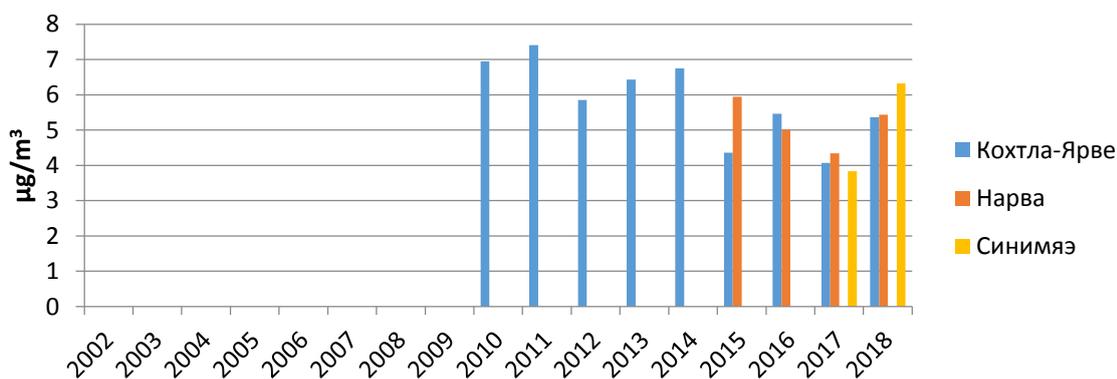


Рисунок 5. Среднегодовые концентрации тонкодисперсных твёрдых частиц (ТЧ_{2.5}) на станциях мониторинга воздуха в Ида-Вирумаа.

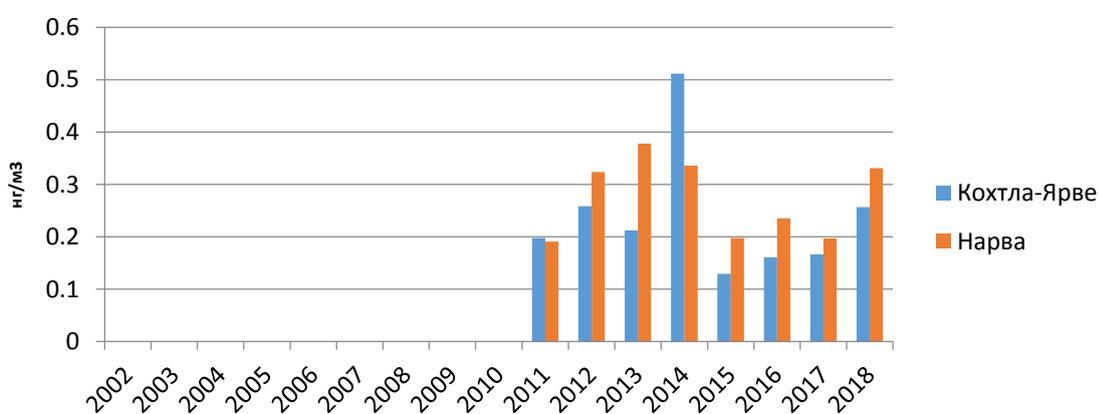


Рисунок 6. Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена (BaP) на станциях мониторинга воздуха в Ида-Вирумаа.

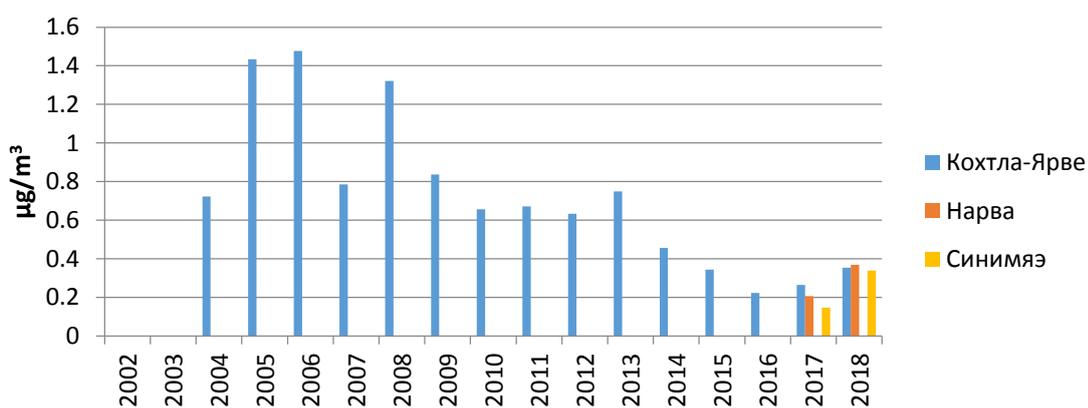


Рисунок 7. Среднегодовые концентрации сероводорода (H₂S) на станциях мониторинга воздуха в Ида-Вирумаа.

В позапрошлом году (с 05.05.2017 по 14.11.2017) Центр экологических исследований (EKUK OÜ) выполнял постоянные измерения качества воздуха также и в Кивийли (Teinetaa и др., 2018). Для проведения измерений в этом регионе была установлена мобильная контейнерная станция, с помощью которой измерялась концентрация сероводорода, диоксида серы и крупнодисперсные твердые частицы в воздухе. Согласно

измерениям, среднечасовая концентрация сероводорода превышала действующее среднечасовое предельное значение 236 раз, а среднесуточное предельное значение – 9 раз. Концентрация крупнодисперсных твёрдых частиц была выше среднесуточного предельного значения 2 раза, а концентраций сероводорода, превышающих предельное значение за периода измерения не наблюдалось. Из числа жалоб на неприятный запах и плохое качество воздуха, зарегистрированных в городе Кивиыли, 71% жалоб поступал в случае ветров, дующих с запада. Около 30% жалоб по времени совпадали с уведомлениями о внеочередных случаях технического обслуживания, авариях и пусконаладочных работах, отправленных в Инспекцию окружающей среды предприятием Kiviõli Keemiatööstus.

4.1.2. Концентрации, замеренные пассивными пробоотборниками около школ

В ходе данного исследования дополнительно измерялось качество атмосферного воздуха в отношении фенола, бензола и формальдегида в общей сложности около 18 школ и двух измерительных станций. Кампания по измерению уровней фенола и бензола длилась один месяц, а в случае формальдегида – одну неделю. Результаты, полученные с помощью пассивных пробоотборников, в виде массовой концентрации с местонахождением приведены в приложении (Приложение 4).

Согласно полученным результатам, концентрации фенола были относительно похожи во всех измерительных пунктах и колебались в диапазоне между 0,64 и 0,89 мкг/м³. Поэтому на основании полученных результатов не представляется возможным выявить конкретную тенденцию, в каком регионе концентрации фенола относительно выше. Полученные результаты использовались для валидации модели рассеивания загрязнения воздуха.

Однако были выявлены значительные различия между концентрациями бензола, которые колебались в диапазоне от 0,09 до 1,57 мкг/м³. Несколько выше других мест были концентрации рядом с Кохтла-Ярвеской станцией мониторинга, Ахтмеской гимназией, Нарва-Йыэсууской средней школы и Нарвского Языкового лицея (Приложение 4). Проанализировав эти результаты, можно сделать вывод о том, что на полученные результаты также могли влиять и местные источники, такие как автострада, расположенная рядом с Нарва-Йыэсууской средней школой, и автомобильная парковка рядом с Нарвским Языковым лицеем. В то же время рядом с Ахтмеской гимназией крупные дороги отсутствовали. Полученные результаты использовались для валидации модели рассеивания загрязнения воздуха.

В случае формальдегида, во время первой кампании по его измерению, в начале марта, все концентрации были ниже предела определения данной методики, составлявшего 1 мкг/м³ (Приложение 4). Поэтому в июле (когда температуры воздуха выше) была проведена дополнительная кампания в части пунктов двух разных пробоотборников (*Radiello* и *Aquaria*). На этот раз большинство концентраций тоже оставались ниже предела определения, 1 мкг/м³, и только рядом с Кивиыльской 1-й средней школой, Йыхвиской Эстонской основной школой и Нарвской станцией мониторинга были получены измеримые концентрации – либо немного больше, либо меньше, чем 1 мкг/м³.

На основании полученных результатов кампании можно построить гипотезу, что концентрации формальдегида могут быть несколько ниже, чем до сих пор измерялось на Кохтла-Ярвеской станции мониторинга. Причина здесь заключается в том, что при низких концентрациях точность методик измерения, используемых на станциях мониторинга, значительно ниже, чем при высоких концентрациях.

4.1.3. Моделирование уровней загрязнения воздуха

Используя информационную систему о выбросах в атмосферу, базы данных о количествах выхлопов дорожного движения Traffic2017, базы данных о количествах выбросов местного отопления Kohtküte2017 и базы данных о выбросах в сельском хозяйстве были найдены среднегодовые концентрации всех семи загрязнителей, включенных в исследование. Полученные результаты валидировались с помощью концентраций, измеренных при помощи станций мониторинга и вышеописанных пассивных пробоотборников. Дополнительно были смоделированы среднегодовые концентрации с использованием только тех выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевого сектора. Результаты, полученные при моделировании, приведены на рисунках с 8 по 21.

Глядя на полученные результаты, можно сделать следующие выводы и обобщения:

- В случае бензола самые высокие концентрации были выявлены в окрестностях Нарвы, в районах к западу от Нарвы и в области Йыхви (рисунок 8). Концентрации бензола, смоделированные на основе только сообщаемых предприятиями сланцевого сектора выбросов, в общих чертах следуют той же модели и составляют величины того же порядка, что и концентрации, смоделированные на основе всех источников (рисунок 9). Хотя здесь и не так уж очевидны несколько более высокие концентрации в районе Кохтла-Ярве и в Кивиыли. Кроме того, может возникнуть закономерный вопрос: «Почему в Кивиыли так низки смоделированные концентрации бензола?», в то время, как и измерения пассивными пробоотборниками (Приложение 4), и кампания измерений 2011 года (Teinema и др., 2012), показали там значительно более высокие концентрации.
- В случае формальдегида несколько более высокая концентрация была выявлена в районе Кивиыли и Кохтла-Ярве (рисунок 10), что обусловлено в первую очередь выбросами предприятия Repo Vabrikud AS. Концентрации формальдегида, смоделированные на основании выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевого сектора, крайне низки. Поскольку концентрации чрезвычайно низки, этот вопрос требует дальнейшего исследования (в самом ли деле выбросы практически отсутствуют, или же отчетность о них занижена). Однако, на практике, измерение низких концентраций технически осложнено и отличается высокой степенью неопределенности.
- В случае фенола были выявлены чрезвычайно большие различия между смоделированными концентрациями фенола в Ида-Вирумаа (рисунок 12), концентрациями, измеренными с помощью пассивных пробоотборников (Приложение 4), и концентрациями фенола, смоделированными на основе данных

о выбросах, о которых отчитались только предприятия сланцевого сектора (рисунок 13). Здесь может возникнуть закономерный вопрос о том, каковы другие источники фенольного загрязнения в Ида-Вирумаа. Поскольку они, по сути, отсутствуют, вероятно, речь идет о занижении отчетности.

- В случае крупнодисперсных и тонкодисперсных твёрдых частиц есть довольно много измерений и достаточно хорошо известны различные источники их выброса. Таким образом, моделирование, исходящее из всех источников, можно считать достаточно достоверным (рисунки 14 и 16). Наибольшим компонентом этих концентраций является фоновая концентрация, что следует и из данных мониторинга в Нарве, Кохтла-Ярве и Лахемаа (Saare и др., 2019). Если смотреть на концентрации крупнодисперсных твёрдых частиц, смоделированные на основе только лишь выбросов, сообщаемых предприятиями сланцевого сектора, то они составляют менее одной десятой части концентраций, возникающих на основе локальных выбросов (если не считать перенос веществ издалека). Особенно невелика доля местных выбросов в смоделированной концентрации района Кивиыли, где местные жители часто жалуются на сажевое загрязнение из-за дымовых труб предприятия Kiviõli Keemiatööstus. Таким образом, здесь можно предположить занижение отчетности о выбросах (особенно остро – при запуске производственных циклов).
- В случае бенз(а)пирена (BaP) преобладают выбросы из-за местного отопления, которые довольно равномерно разбросаны по всему Ида-Вирускому уезду (рисунок 18). Если сравнивать эти концентрации с предельным значением (1 нг/м^3), то, предположительно, они повсеместно ниже этого значения. Тем не менее, концентрации, возникающие на основе выбросов, сообщаемых предприятиями сланцевого сектора, примерно в десять тысяч раз меньше. Соответствует ли такая ситуация действительности – этого нельзя сказать в рамках данного исследования: ответ на этот вопрос потребовал бы более детальных исследований в будущем.
- В случае сероводорода обнаруживаются повышенные концентрации в северной части Ида-Вирумаа (рисунок 20). Концентрации сероводорода, смоделированные на основе только выбросов, сообщаемых предприятиями сланцевого сектора, следуют той же модели и составляют величины того же порядка, что и концентрации, смоделированные на основе всех источников (рисунок 21). Таким образом, как расчет дисперсии, так и отчетность о выбросах можно считать относительно хорошими. В расчетах дисперсии также видно и то, что выбросы с Аувереских электростанций достигают Силламяэ, что вызывает там множество жалоб и в большой степени служат раздражителем.

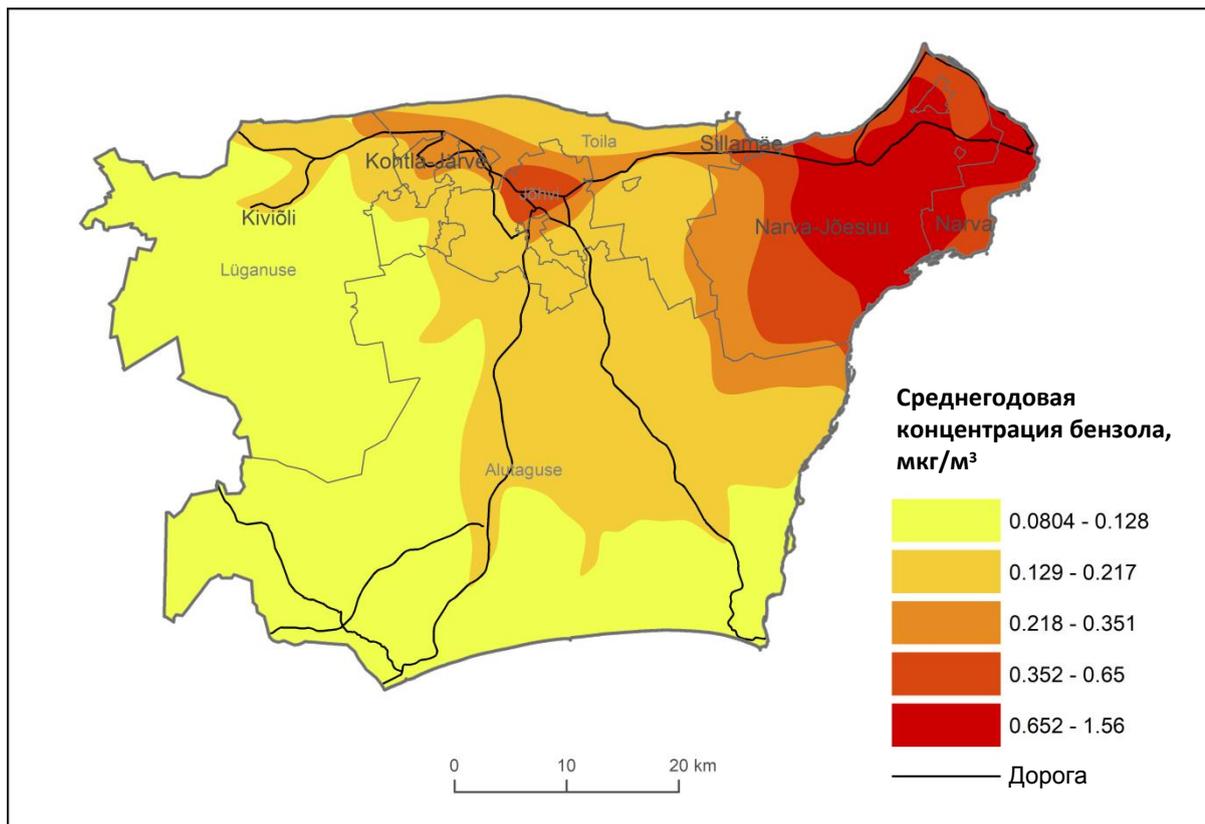


Рисунок 8. Моделируемая среднегодовая концентрация (мкг/м³) бензола в Ида-Вирумаа.

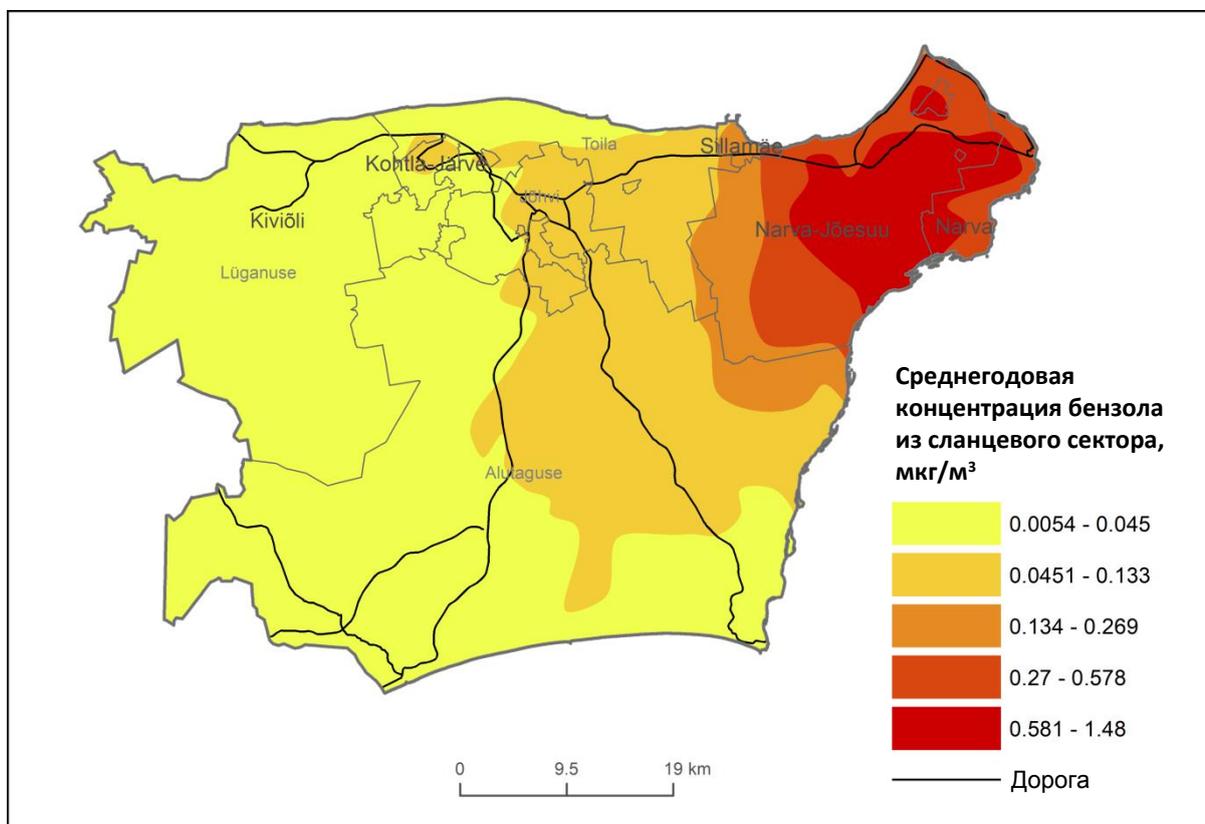


Рисунок 9. Среднегодовая концентрация ((мкг/м³)) бензола в Ида-Вирумаа, моделируемая на основании только тех выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевой промышленности.

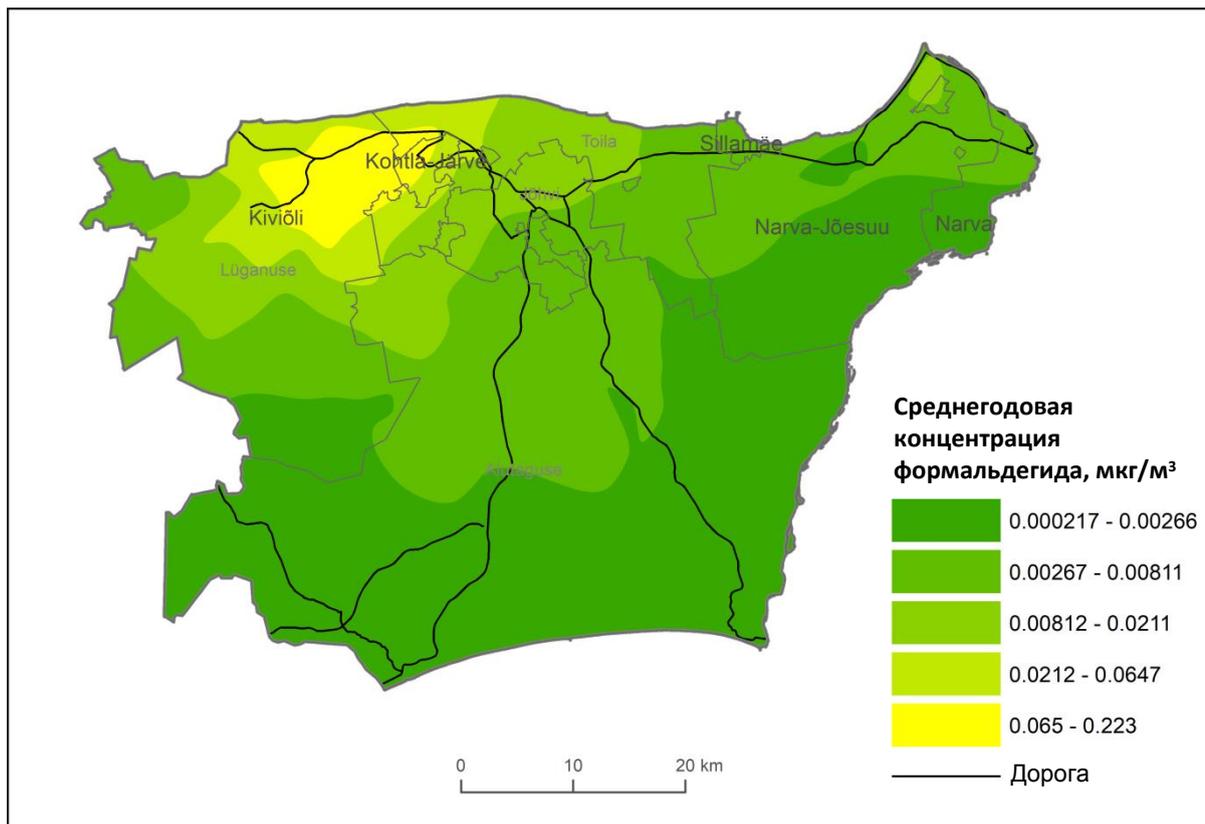


Рисунок 10. Моделируемая среднегодовая концентрация (мкг/м³) формальдегида в Ида-Вирумаа.

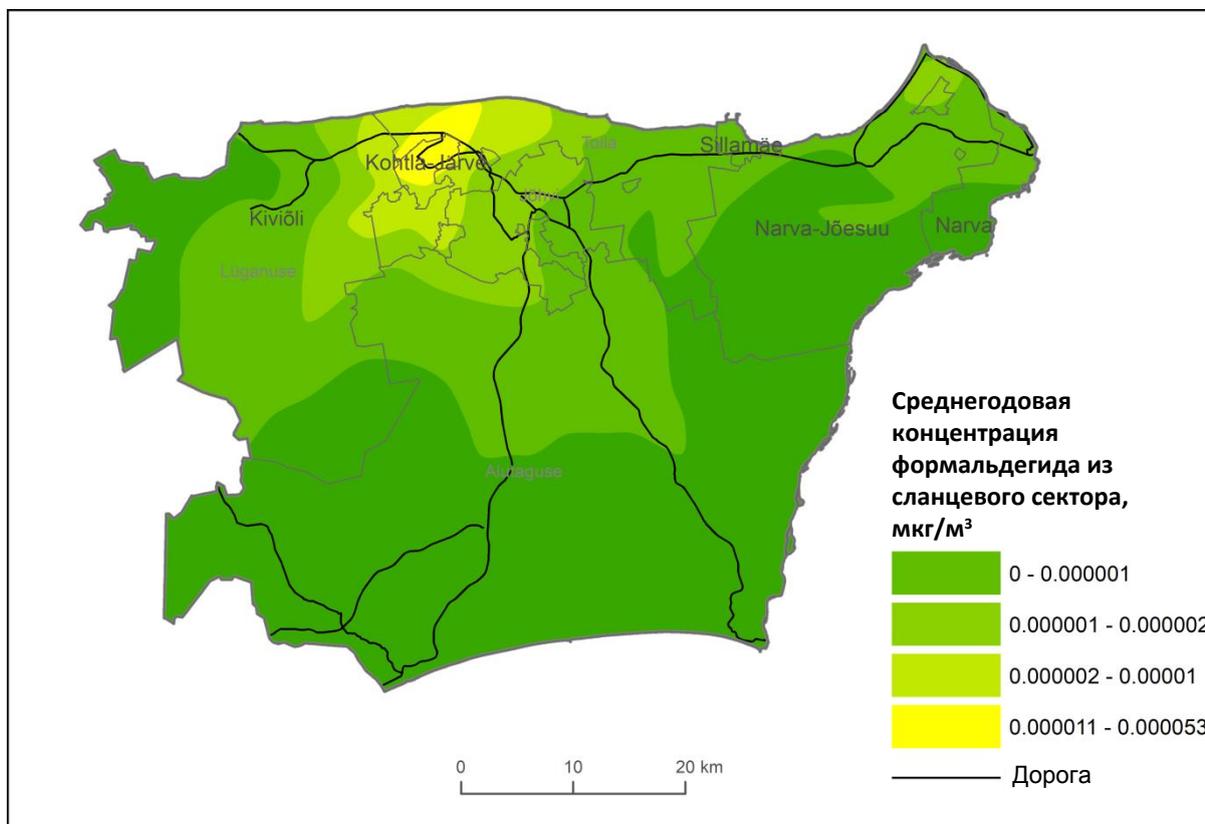


Рисунок 11. Среднегодовая концентрация (мкг/м³) формальдегида в Ида-Вирумаа, моделируемая на основании только тех выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевой промышленности.

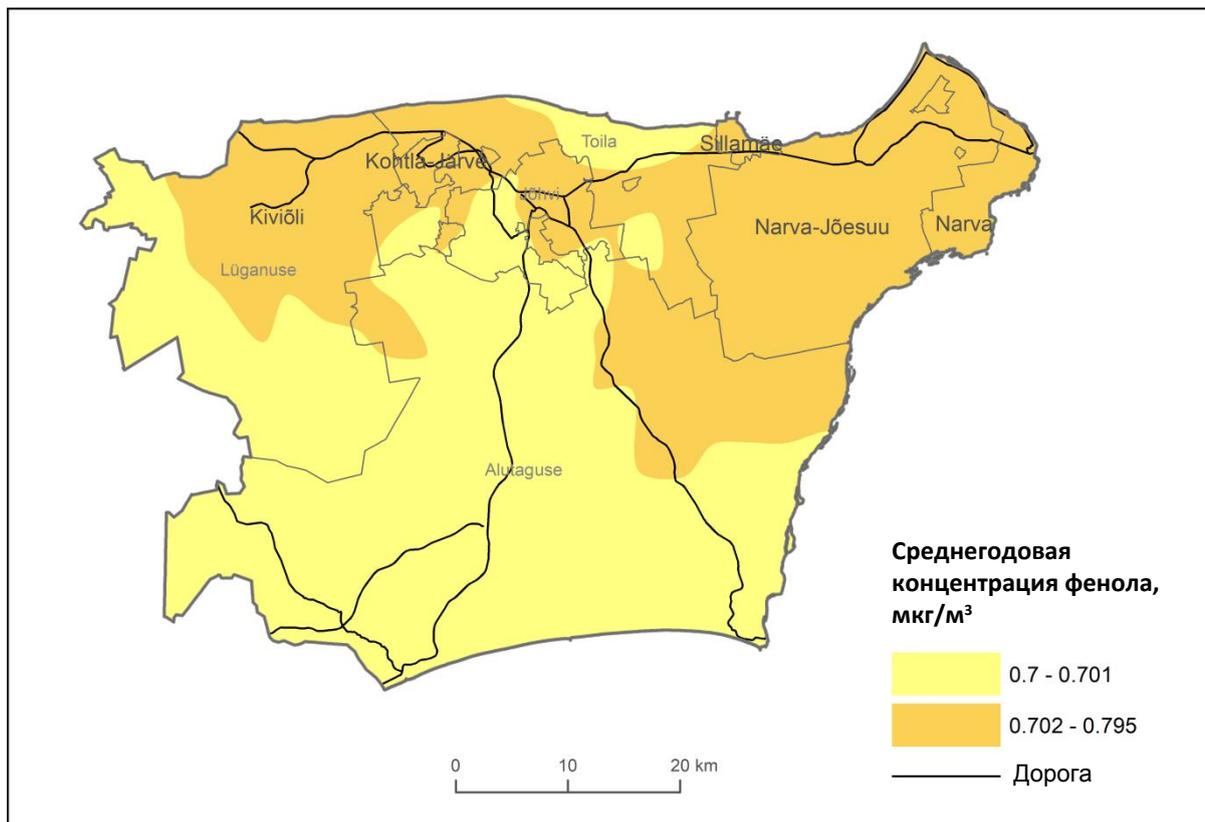


Рисунок 12. Моделируемая среднегодовая концентрация фенола в Ида-Вирумаа.

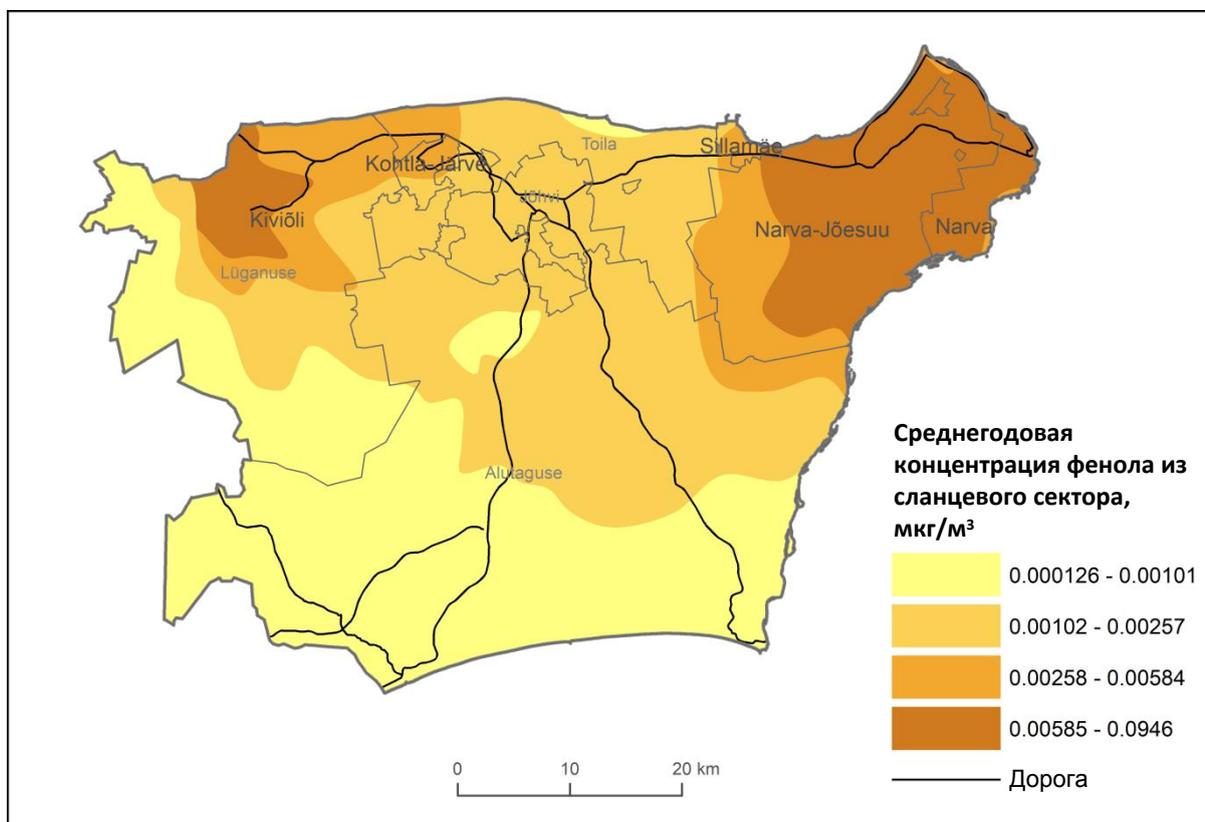


Рисунок 13. Среднегодовая концентрация (мкг/м³) фенола в Ида-Вирумаа, моделируемая на основании только тех выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевой промышленности.

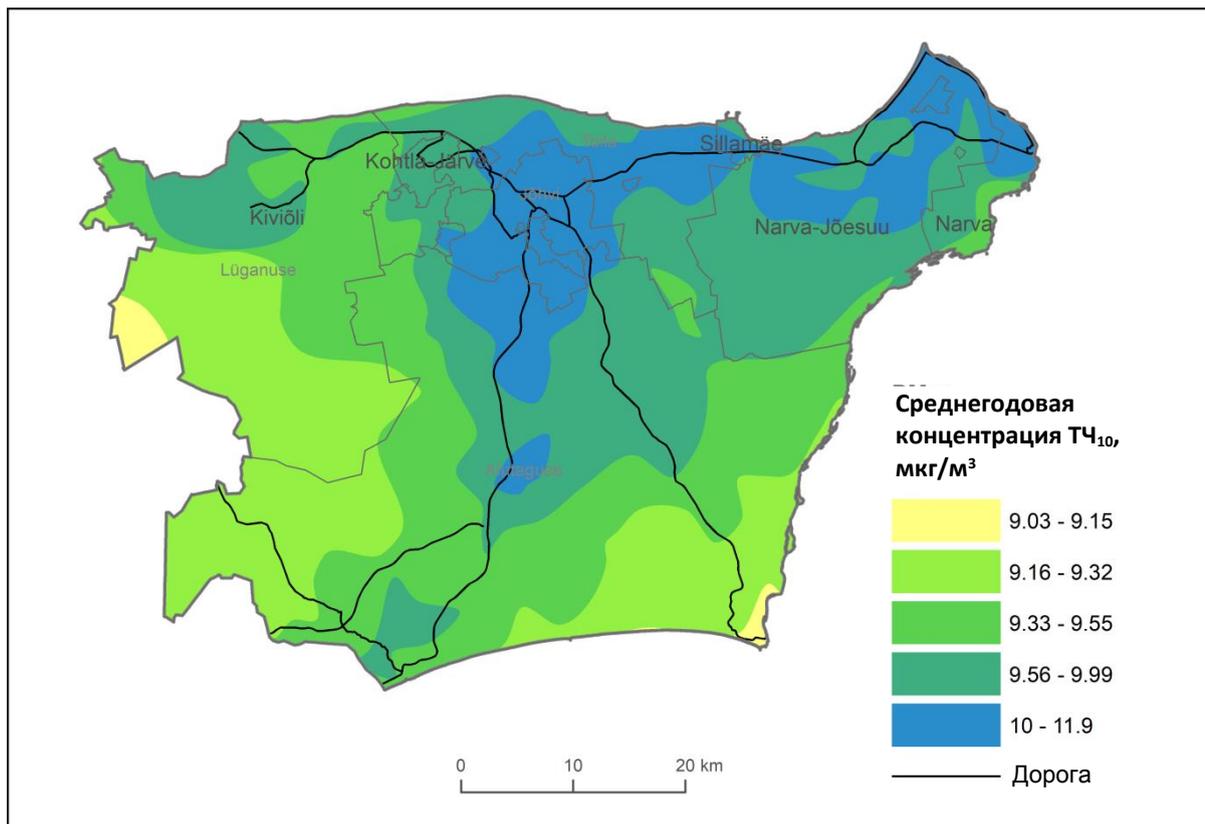


Рисунок 14. Моделируемая среднегодовая концентрация (мкг/м³) крупнодисперсных твёрдых частиц (ТЧ₁₀) в Ида-Вирумаа.

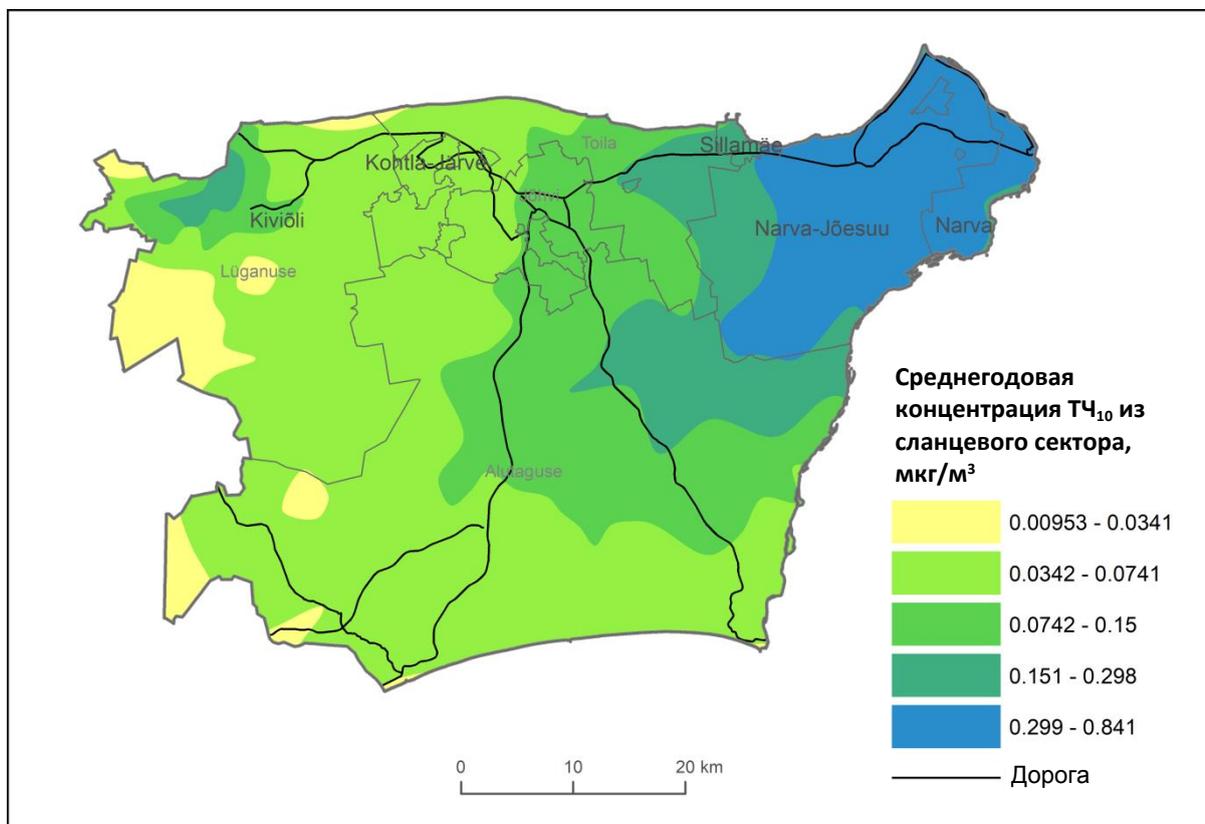


Рисунок 15. Среднегодовая концентрация (мкг/м³) крупнодисперсных твёрдых частиц (ТЧ₁₀) в Ида-Вирумаа, моделируемая на основании только тех выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевой промышленности.

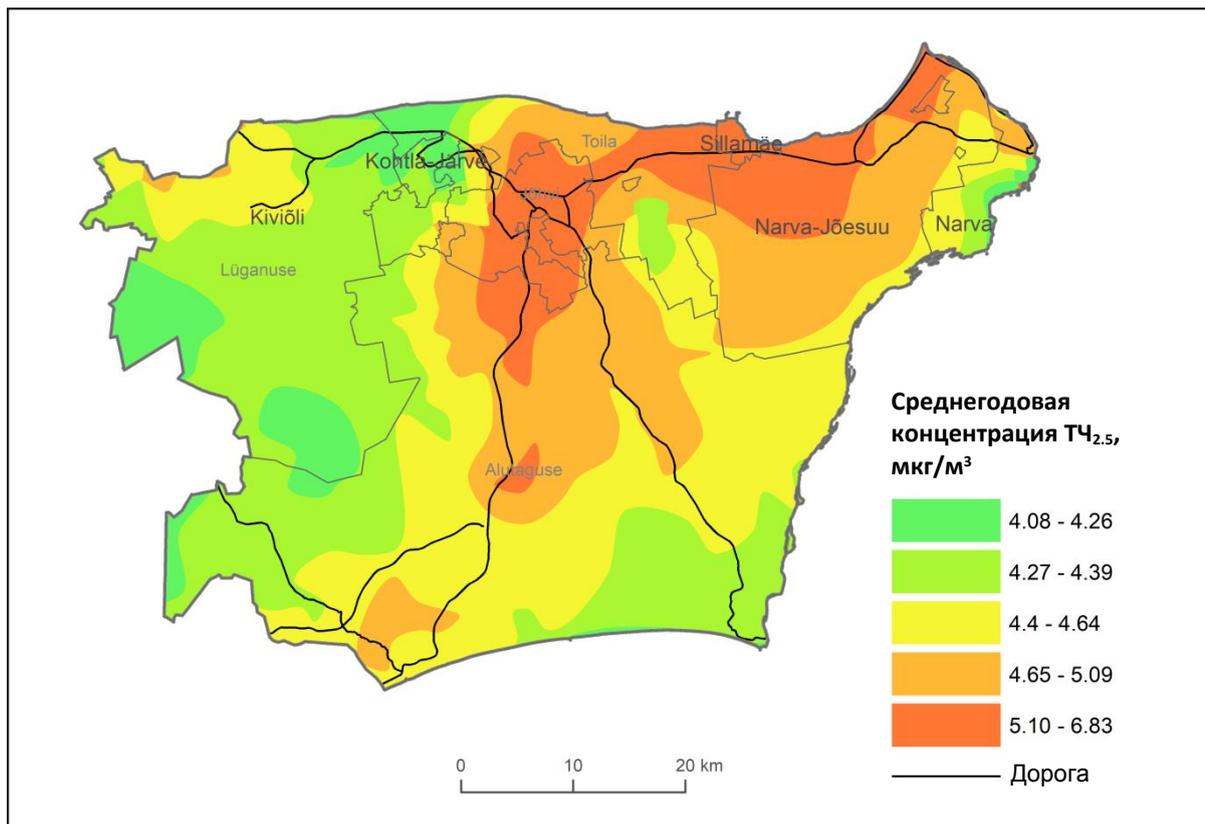


Рисунок 16. Моделируемая среднегодовая концентрация (мкг/м³) мелкодисперсных твёрдых частиц (ТЧ_{2.5}) в Ида-Вирумаа.

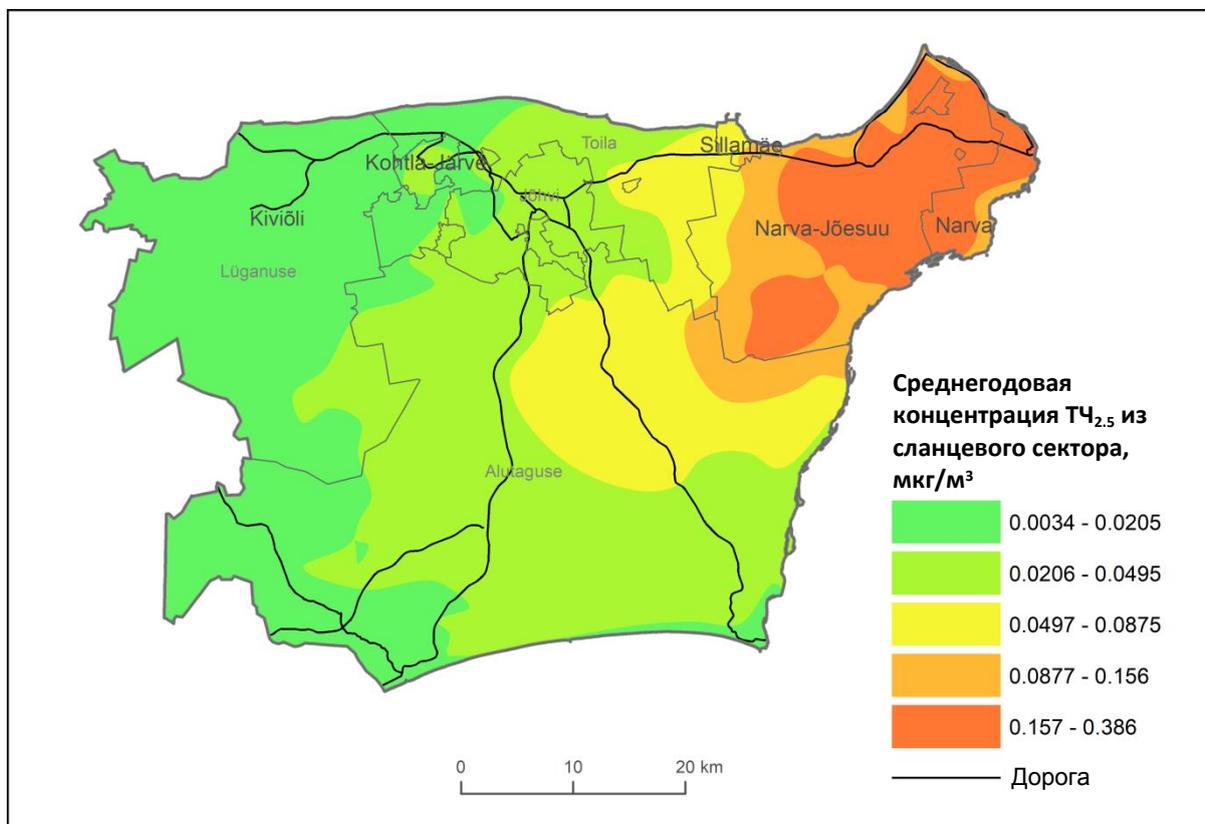


Рисунок 17. Среднегодовая концентрация (мкг/м³) мелкодисперсных твёрдых частиц (ТЧ_{2.5}) в Ида-Вирумаа, моделируемая на основании только тех выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевой промышленности.

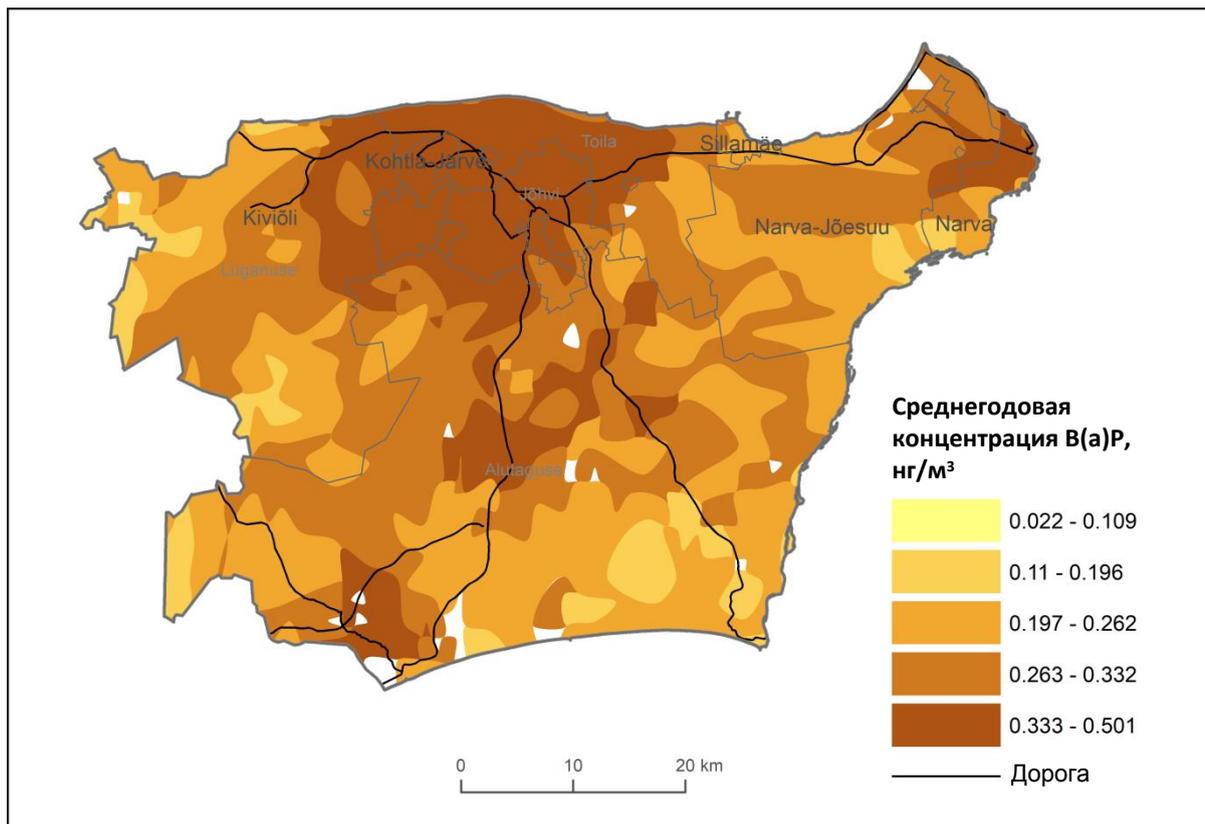


Рисунок 18. Моделируемая среднегодовая концентрация (нг/м³) бенз(а)пирена (BaP) в Ида-Вирумаа.

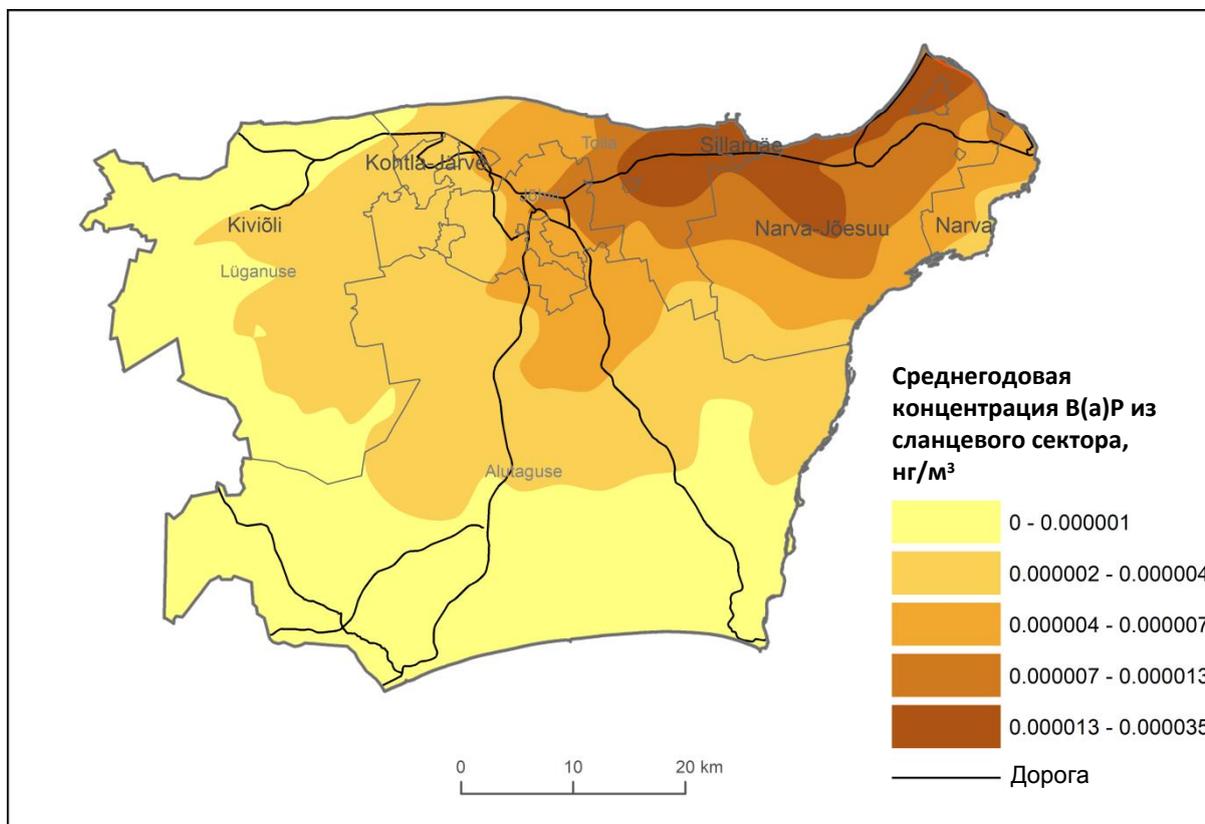


Рисунок 19. Среднегодовая концентрация (нг/м³) бенз(а)пирена (BaP) в Ида-Вирумаа, моделируемая на основании только тех выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевой промышленности.

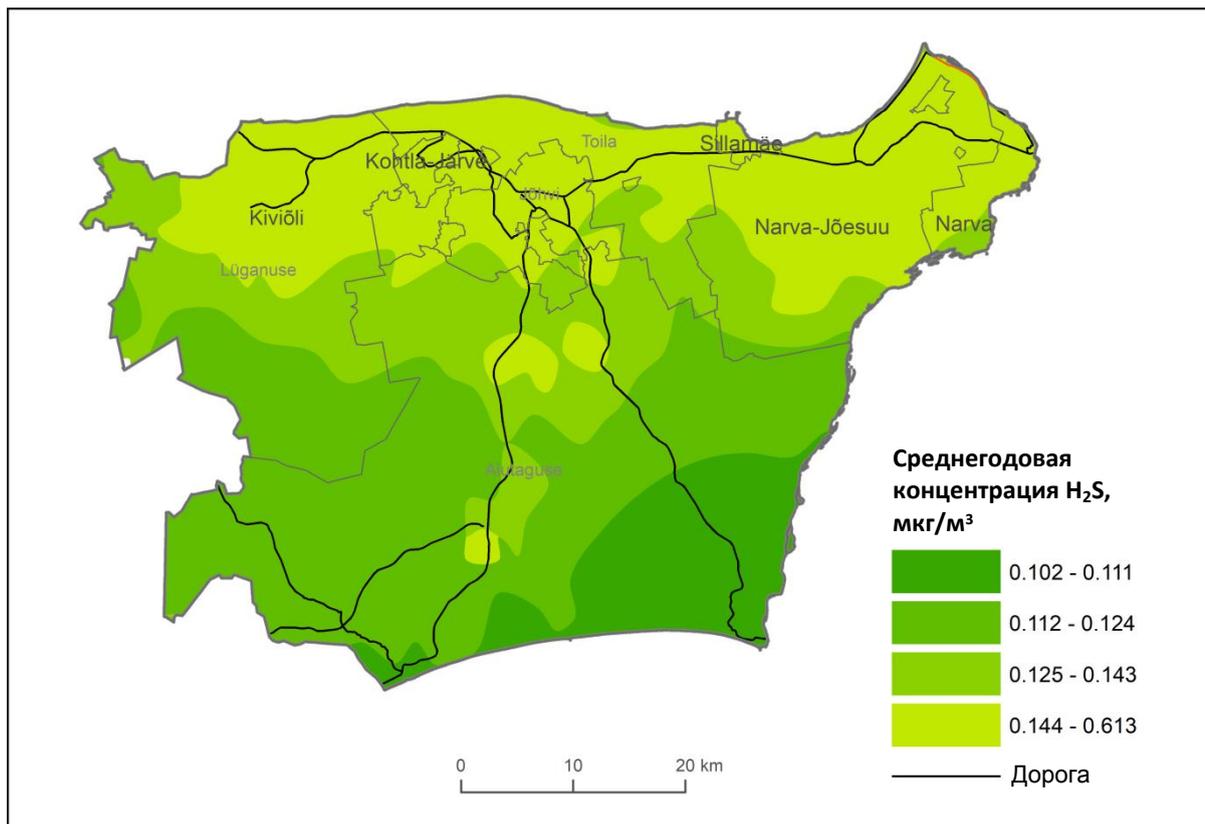


Рисунок 20. Моделируемая среднегодовая концентрация (мкг/м³) сероводорода (H₂S) в Ида-Вирумаа.

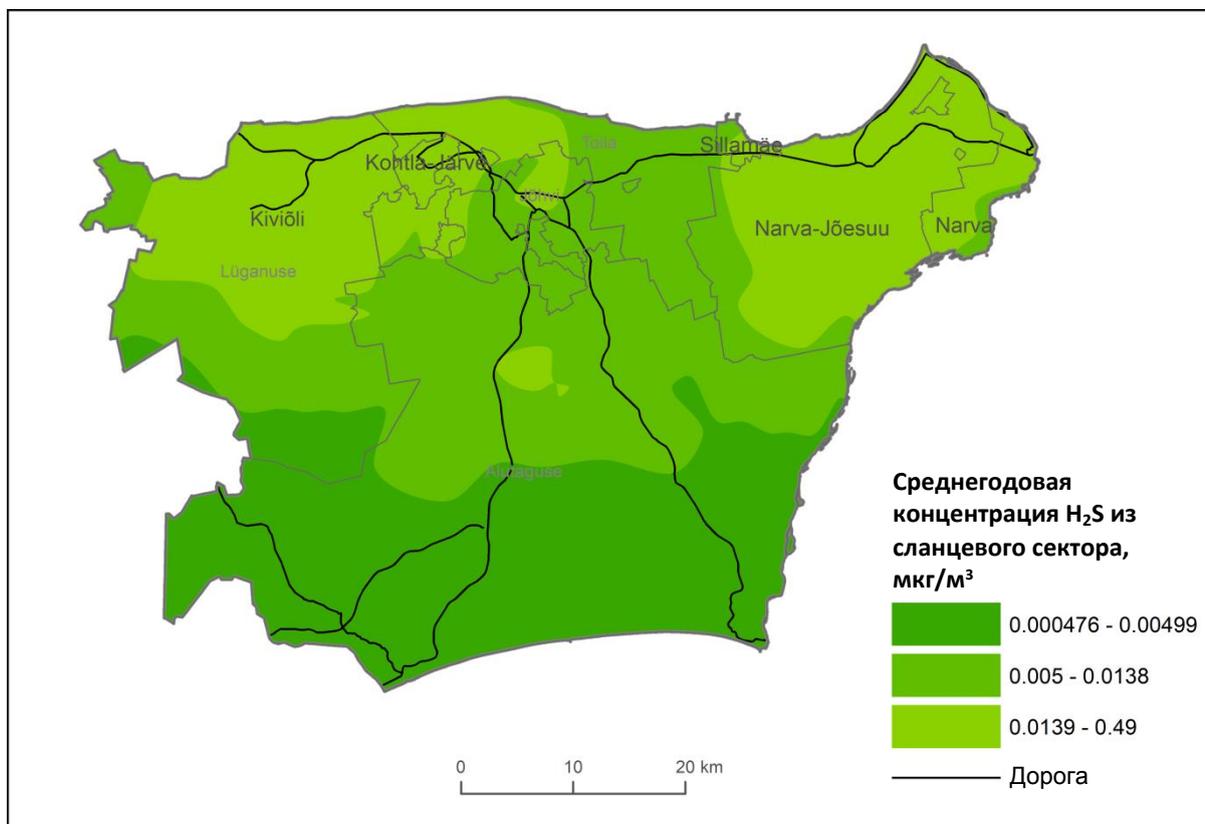


Рисунок 21. Среднегодовая концентрация (мкг/м³) сероводорода (H₂S) в Ида-Вирумаа, моделируемая на основании только тех выбросов, о которых отчитались предприятия сланцевой промышленности.

4.2 Результаты опросного исследования

4.2.1. Социально-демографические показатели

Вопросники были розданы в общей сложности 1465 учащимся. Заполненные вопросники были возвращены 1041 учащимся (коэффициент отклика – 71%). В случае большинства (90,7%) опрошенных вопросник заполняли мать, реже отец (6,2%) и опекун ребенка (3,1%). Помимо опроса, в отношении 605 детей были проведены также клинические исследования для определения респираторных показателей и аллергий. Больше всего детей было привлечено к исследованию из школ Нарвы (33,3%), а на втором месте – школы Кохтла-Ярве (26,0%) (рисунок 22).

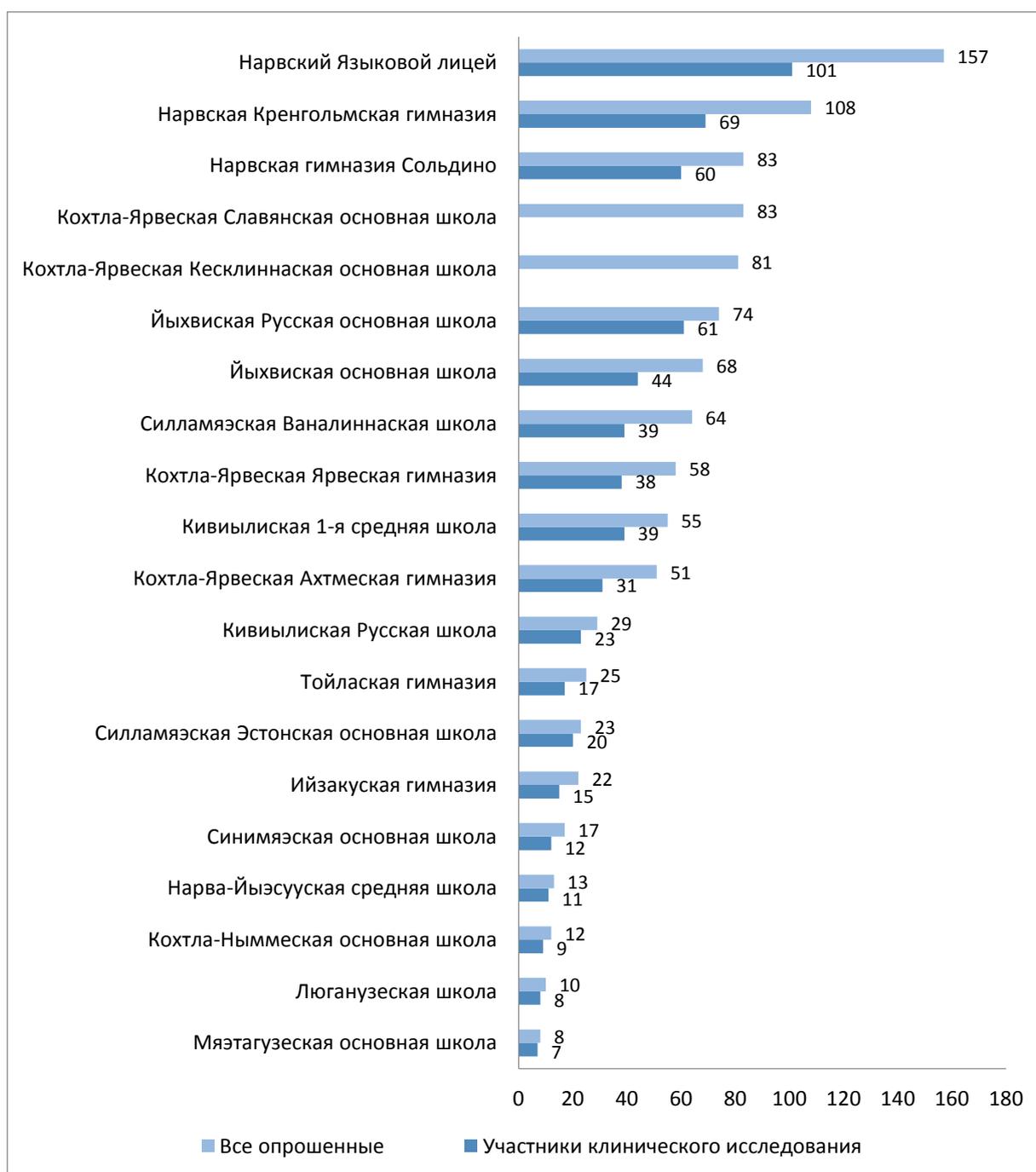


Рисунок 22. Количество участников исследования по школам.

Из 1041 ребенка, ответившего на опрос, мальчики составляли 52,6% (таблица 2). Возраст исследованных детей составлял от 8 до 12 лет, но в основном выборку составили 9- и 10-летние. Среди опрошенных преобладали этнические русские (70,5%). Матери детей в основном имели высшее образование, а отцы в основном окончили профессиональное учебное заведение. Средний возраст матерей составлял 37,7 года, отцов – 40,8 года. У большей части опрошенных чистый доход на одного члена семьи в месяц был довольно низким (от 100 до 499 евро). Задавались вопросы о чистом доходе семьи и о количестве членов семьи, и в соответствии с этим вычислялся чистый доход на члена семьи. Средний ежемесячный чистый доход на одного члена домохозяйства, по данным Департамента статистики, составлял в Ида-Вирумаа в 2017 году 522,3 евро, что ниже, чем в среднем по Эстонии – 680,8 евро (<https://www.stat.ee/>). В сланцевом секторе работала небольшая часть родителей (5% матерей и 14% отцов). Более подробные социально-демографические показатели респондентов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Социально-демографические показатели

		Все опрошенные, % (n)	Участники клинического исследования, % (n)
Пол ребенка			
	Мальчики	52,6 (548)	53,7 (325)
	Девочки	47,0 (490)	45,6 (276)
Возраст ребенка			
	8	1,3 (13)	1,0 (6)
	9	39,6 (404)	41,5 (247)
	10	48,3 (493)	49,4 (294)
	11	10,8 (110)	7,9 (47)
	12	0,1 (1)	0,2 (1)
Национальность ребенка			
	Эстонец	27,2 (279)	30,2 (180)
	Русский	70,5 (723)	67,3 (396)
	Иная	2,3 (24)	2,5 (15)
Образование матери			
	Меньше основной школы	0,5 (5)	0,3 (2)
	Основная школа	6,3 (63)	6,2 (36)
	Профтехчилице	30,0 (300)	29,4 (171)
	Средняя школа/Гимназия	26,4 (264)	26,8 (156)
	Прикладная высшая школа/Вуз	35,5 (368)	37,3 (217)
Образование отца			
	Меньше основной школы	0,7 (6)	0,4 (2)
	Основная школа	9,5 (82)	9,3 (47)
	Профтехчилице	44,3 (382)	44,7 (226)
	Средняя школа/Гимназия	20,0 (172)	20,6 (104)
	Прикладная высшая школа/Вуз	25,5 (220)	25,1 (127)
Мать			
	Работает в сланцевой отрасли	4,8 (50)	5,2 (29)
	Работает в иной отрасли	69,9 (728)	70,5 (420)
	Безработная	15,8 (165)	15,4 (97)
	Пенсионерка	0,9 (9)	1,1 (7)
	Инвалид	4,7 (49)	5,6 (34)

Отец		
Работает в сланцевой отрасли	14,1 (147)	13,1 (80)
Работает в иной отрасли	60,3 (628)	62,5 (370)
Безработный	2,5 (26)	3,4 (21)
Пенсионер	1,3 (14)	2,0 (12)
Инвалид	2,0 (21)	2,5 (15)
Доход (нетто) на члена семьи за последние 12 месяцев		
Менее 100 евро	0,6 (6)	0,5 (3)
100–299 евро	36,0 (343)	35,0 (195)
300–499 евро	44,4 (423)	47,0 (262)
500–799 евро	15,2 (145)	14,2 (80)
800–999 евро	2,6 (25)	2,7 (15)
Более 1000 евро	1,1 (10)	0,5 (4)

4.2.2. Оценочный контакт (по оценке самих опрошенных) с факторами внутренней и внешней среды

Большинство опрошенных проживает в городе Нарве или Кохтла-Ярве, в многоквартирном доме (81,4%). Хотя можно было бы предположить, что в многоквартирных домах имеется и центральный водопровод, однако потребление некипяченой воды из центрального водопровода указали только 63,5% жителей. Собственные шахтный колодец или скважину имеют 4,9% респондентов. В канистре приносят воду в семьях у 40 опрошенных (3,9%). Многие указали, что потребляют бутилированную или кипяченую воду. У большинства опрошенных имеется центральное отопление (74,0%). Очень многие опрошенные (67,7%) слышат в своей спальне уличный шум, и около четверти слышат, по их словам, в своей спальне также промышленный шум (23,2%), что, вероятно, повышает уровень стресса у опрошенных (таблица 3).

Ежедневно курят 16,8% матерей и 26,6% отцов опрошенных. В Эстонии, в среднем, доля ежедневных курильщиков ниже, поскольку, по данным исследования здоровья взрослого населения Эстонии, в 2018 году ежедневно курящих мужчин в Эстонии насчитывалось 23%, а женщин – 13% (<https://www.tai.ee/et/tegevused/tervisestatistika>). В ходе данного исследования 16,0% респондентов признались, что в комнате курят, что также выше, чем в среднем по Эстонии (12%) (<https://www.tai.ee/et/tegevused/tervisestatistika>). Курение в семье увеличивает возникновение свистящего дыхания и сухого кашля у детей (χ^2 , $p < 0,05$). Влажность, следы плесени (пятна или пузыри на материале покрытия) либо заметную плесень замечали у себя дома за последний год 30,1% респондентов, а за последние десять лет – 37,5% опрошенных (таблица 3). Наличие плесени также может влиять на возникновение жалоб на проблемы с дыхательными путями и аллергий.

Таблица 3. Распределение опрошенных по влияющим на них факторам внутренней и внешней среды

	Все опрошенные, % (n)	Участники клинического исследования, % (n)
Место жительства		
Квартира	81,4 (841)	80,1 (480)
Частный дом	17,3 (179)	19,2 (115)
Рядный жилой дом	1,1 (11)	0,7 (4)
Система отопления		
Центральное отопление	74,0 (771)	73,1442 ()
Печное отопление	13,8 (144)	14,2 (86)
Локальное центральное отопление	13,6 (141)	13,2 (80)
Электрическое отопление	7,3 (76)	7,8 (47)
Потребление воды		
Центральный водопровод	63,5 (659)	63,8 (386)
Кипяченая вода	39,8 (413)	40,8 (247)
Бутилированная вода	34,8 (361)	34,5 (209)
Приносят в канистрах	3,9 (40)	4,3 (26)
Скважина	3,3 (34)	3,8 (23)
Шахтный колодец	1,6 (17)	2,3 (14)
Курение матери		
Никогда не курила	60,6 (508)	58,9 (292)
Курит ежедневно	16,8 (141)	17,3 (86)
Курит от случая к случаю	6,7 (56)	6,7 (33)
Раньше курила	15,9 (133)	17,1 (85)
Курение отца		
Никогда не курил	44,7 (385)	42,8 (218)
Курит ежедневно	26,6 (229)	26,1 (133)
Курит от случая к случаю	6,8 (59)	8,3 (42)
Раньше курил	21,9 (189)	22,8 (116)
Курение в комнате		
Никогда не курят в комнате	84,0 (628)	84,8 (378)
В комнате курят ежедневно	7,9 (59)	7,2 (32)
В комнате курят 1–4 раза в неделю	5,6 (42)	6,5 (29)
В комнате курят 1–3 раза в неделю	2,5 (19)	1,6 (7)
Всего курящих в комнате	16,0 (120)	15,2 (68)
Влажность или плесень за последний год		
Не было влажности или плесени	69,9 (726)	68,7 (413)
Встречалась влажность или плесень	30,1 (312)	31,3 (188)
Влажность или плесень за последние 10 лет		
Не было влажности или плесени	62,5 (639)	61,0 (362)
Встречалась влажность или плесень	37,5 (383)	39,0 (231)
Слышимость промышленного шума в спальне		
Вообще нет	76,7 (673)	77,3 (401)
Небольшая	18,2 (160)	18,3 (95)
Сильная	4,1 (36)	4,1 (21)
Очень сильная	0,9 (8)	0,6 (3)
Слышимость уличного шума в спальне		
Вообще нет	325 (32,3)	32,5 (190)
Небольшая	564 (56,0)	55,0 (321)
Сильная	95 (9,4)	10,6 (62)
Очень сильная	23 (2,3)	1,9 (11)

4.2.3. Оценки родителей загрязнения воздуха и среды обитания

Опрашиваемых просили выбрать основную причину заболеваний, вызванную неблагоприятной окружающей средой. Из лиц, ответивших на этот вопрос, 43,8% респондентов считали основной причиной заболеваемости в Ида-Вирумаа загрязнение воздуха, а прочие причины назвали менее 10% респондентов (рисунок 23).

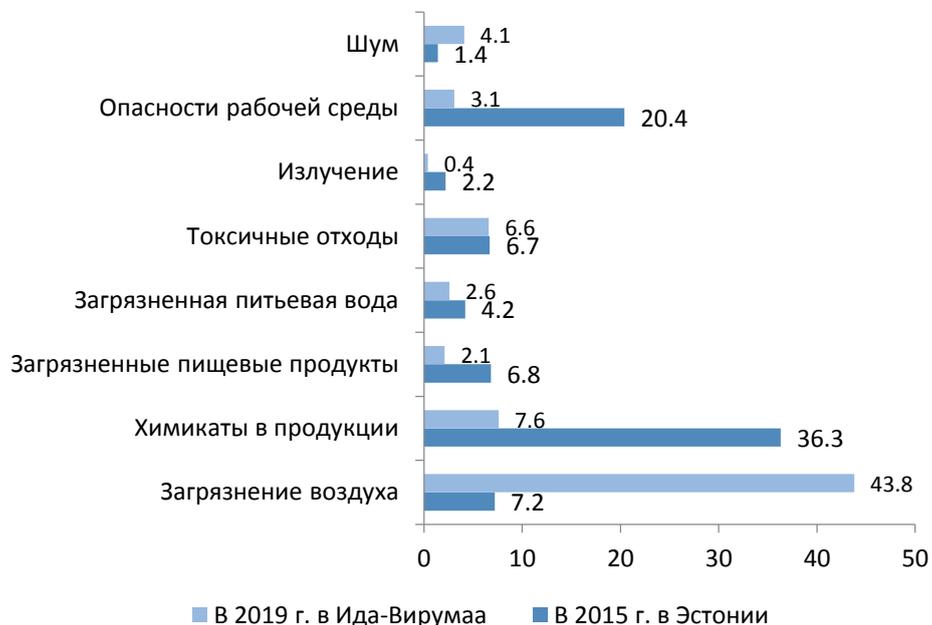


Рисунок 23. Доля факторов, считающихся основной причиной заболевания (%). Были исключены респонденты, выбравшие несколько факторов. Для сравнения использовались данные исследования, проведенного в 2015 году по всей Эстонии (Orru и др., 2015).

В ходе исследования выяснилось, что жители Ида-Вирумаа считают проблему загрязнения воздуха гораздо более важной, чем остальные жители Эстонии. В ходе опроса, проведенного в 2015 году по всей Эстонии, задавался этот же вопрос (рисунок 23), и тогда основными причинами заболеваемости считались химикаты в продукции (36,3%), риски рабочей среды (20,4%) и только на третьем месте – загрязнение воздуха (7,2%) (Orru и др., 2015). Беспокойство по поводу загрязненности воздуха выражалось и в ответах на вопрос: «Насколько серьезной угрозой для своего здоровья и здоровья своей семьи / своих близких вы считаете загрязнение воздуха?». Угрозу для себя или своей семьи, вызванную загрязнением воздуха, оценивали как «большую» или «очень большую» 55,3% респондентов. В ходе исследования об осознании рисков для здоровья в Эстонии угрозу, вызванную выхлопными газами дорожного движения, оценивали как «большую» или «очень большую» 24,9% респондентов, а промышленное загрязнение воздуха – 20,1% респондентов (Orru и др., 2015). В ходе настоящего исследования загрязнение воздуха считали невыносимо раздражающим 12,4% респондентов, однако 17,1% респондентов указали, что их вообще не беспокоит загрязнение воздуха.

Беспокойство по поводу загрязнения воздуха ухудшает оценку, которую жители дают среде обитания в Ида-Вирумаа. Сильная положительная корреляция имеется между уровнем обеспокоенности загрязнением атмосферного воздуха (от 1 до 10 баллов) и

уровнем беспокойства, вызванного загрязненностью среды обитания («насколько вы обеспокоены рисками для здоровья, вызванными средой обитания, и их влиянием в целом», от 1 до 5) ($R=0,5$, $p<0,005$). То, насколько людей беспокоило загрязнение атмосферного воздуха, коррелировало и с уровнем слышимости шума (от 1 до 4) в спальне ($R=0,3$, $p<0,005$).

Большинство опрошенных обеспокоены рисками, вызванными средой обитания в Ида-Вирумаа. Очень обеспокоены 39,0% опрошенных (рисунок 24).

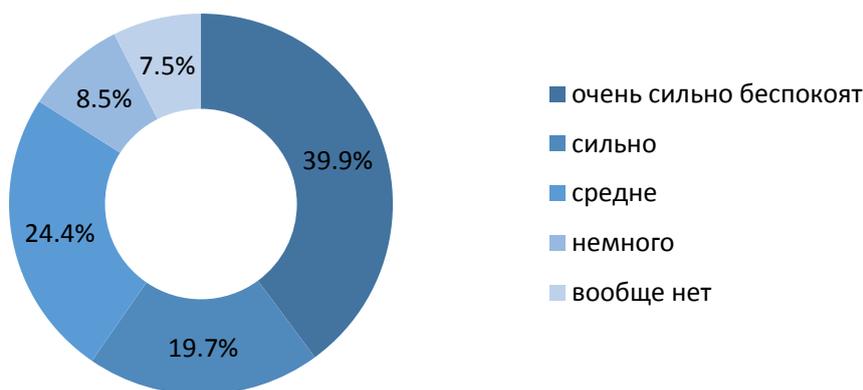


Рисунок 24. Оценки опрошенными по пятибалльной шкале, насколько их беспокоят риски для здоровья, вызванные окружающей средой, и влияние этих рисков на них самих или на семью (%).

4.2.4. Информированность о рисках для здоровья и меры по снижению рисков

Исследование показало, что жители Ида-Виру хорошо осведомлены о воздействиях на здоровье загрязнения воздуха, вызванного промышленностью. Около 44% респондентов знали, что загрязнение воздуха сильно или очень сильно влияет на возникновение аллергии, 62% указали на возникновение астмы, 56% – на возникновение хронического обструктивного заболевания легких, 60% – на возникновение рака, 41% – на возникновение сердечно-сосудистых заболеваний, и, по мнению 58%, оно сокращает продолжительность жизни. По сравнению с общенациональным исследованием (Orri и др., 2015), речь идет о значительно более высокой осведомленности. В ходе общенационального исследования менее 25% респондентов считали, что загрязнение воздуха, вызванное дорожным движением, влияет на здоровье, являясь причиной возникновения аллергии, астмы и сердечно-сосудистых заболеваний, менее 10% выбрали в качестве ответа рак.

Опрос показал, что три четверти респондентов ощущали за последние четыре недели неприятный запах в атмосферном воздухе, а 29% утверждают, что часто или постоянно его чувствовали (таблица 4). Очень многие (76%) за последние четыре недели были обеспокоены своим здоровьем, и большинство (72%) думали, что качество их жизни ухудшается в результате загрязнения воздуха. Более половины также наблюдали невооруженным глазом смог или дымку. Кроме того, более половины респондентов изменяли свои планы в отношении досуговых мероприятий, чтобы избежать контакта с загрязнением воздуха, и половина думала о смене места жительства.

Таблица 4. Доля и количество респондентов, ответивших на вопрос «Случалось ли вам за последние четыре недели ...?»

	Никогда, % (n)	Редко, % (n)	Часто, % (n)	Постоянно, % (n)
Чувствовать в уличном воздухе неприятный запах	25,2 (257)	46,0 (468)	22,1 (225)	6,7 (68)
Чувствовать во внутренних помещениях неприятный запах	44,3 (446)	43,8 (441)	10,0 (101)	1,9 (19)
Замечать в воздухе смог или дымку	44,4 (444)	39,1 (391)	14,4 (144)	2,1 (21)
Беспокоиться о своем здоровье	23,9 (239)	42,3 (423)	24,9 (249)	9,0 (90)
Думать, что ваше качество жизни ухудшается из-за загрязнения воздуха	28,5 (288)	34,9 (352)	25,2 (255)	11,4 (115)
Изменять способ проведения своего досуга, чтобы избежать загрязненного	46,1 (457)	31,3 (310)	17,2 (171)	5,4 (54)
Избегать находиться на улице	65,7 (661)	26,1 (263)	6,3 (63)	1,9 (19)
Проветривать внутренние помещения	12,1 (122)	16,0 (161)	38,0 (383)	33,9 (342)
Избегать открывать окна	58,7 (591)	32,0 (322)	7,3 (73)	2,0 (20)
Использовать дома освежитель воздуха	44,3 (446)	39,6 (399)	10,6 (107)	5,5 (55)
Испытывать потребность вымыть свои руки и лицо	24,3 (243)	25,1 (262)	30,7 (307)	18,9 (189)
Думать о смене места жительства	49,4 (500)	27,5 (278)	14,7 (149)	8,4 (85)

Большинство респондентов предпринимали что-то сами, чтобы уменьшить свой контакт с промышленным загрязнением (таблица 5). Однако почти 40% ответили, что они неоднократно ничего не предпринимали. Чаще всего люди неоднократно что-то предпринимали, чтобы уменьшить поток воздуха, поступающего снаружи в автомобиль. Также люди избегают открывать окна дома или на работе и находиться на открытом воздухе, а также выбирают транспортные маршруты с учетом загрязнения воздуха. В качестве иных действий указывалось проведение досуга в большей степени вдали от дома. Например, люди едут к морю, к Чудскому озеру, на дачу или просто за город. Два человека написали в качестве примечания, что они переехали из Кохтла-Ярве, чтобы уменьшить контакт своей семьи с промышленным загрязнением. Также люди носили маску или закрывали нос платком, звонили по номеру 1313 и закрывали окна из-за вони.

Таблица 5. Действия, неоднократно совершаемые за последний год, чтобы уменьшить свой контакт или контакт членов семьи с промышленным загрязнением

	%
Избегали открывать окна при поездке на автомобиле	36,0
Уменьшали вентиляцию в автомобиле или включали циркуляцию воздуха	27,8
Избегали открывать окна дома/на работе	27,0
Выбирали менее загрязненные пути передвижения	20,2
Избегали находиться на улице	15,1
Использовали дома/на работе очиститель внутреннего воздуха	14,0
Вместо пешей прогулки или поездки на велосипеде выбрали автомобиль или общественный транспорт	11,8
Иное	3,9

4.2.5. Сообщаемое самими респондентами наличие заболеваний и жалоб на здоровье

Респираторные заболевания

Из заболеваний, перенесенных в первые два года жизни, чаще всего сообщалось о бронхите. Бронхитом болели 35,5%, а обструктивным бронхитом – 12,0% детей (таблица 6). Из респираторных симптомов, встречавшихся у детей когда-либо в течение жизни, чаще всего указывалось свистящее дыхание (24,7%). В ходе исследования воздействий сланцевого сектора на здоровье, проведенного в 2015 году, среди детей того же возраста сообщалось о свистящем дыхании на сходном уровне (21,5%) (Idavain и др., 2015). Среди тех детей, которые когда-либо испытывали свистящее дыхание в течение последнего года, это мешало заниматься спортом 30% детей, 24% – спать, а 22,8% – ходить в школу, при этом приступы одышки были у 15,2%, и 4% это мешало говорить. У части (4%) детей, участвовавших в этом исследовании, пробуждение по ночам из-за свистящего дыхания происходило чаще, чем один раз в месяц. Большинство (86,4%) родителей детей со свистящим дыханием считали, что ребенок хрипит только при простуде или вирусном заболевании. Когда-либо в течение жизни астма была диагностирована у 13,8% детей, и приступы астмы происходили, по оценке родителей, у 9,1% детей. Эти результаты сходны с результатами предыдущего исследования (Idavain и др., 2015).

Таблица 6. Сообщаемое наличие респираторных заболеваний

	Все опрошенные, % (n)	Участники клинического исследования, % (n)
<i>За первые два года жизни</i>		
Болели пневмонией	10,6 (93)	12,9 (65)
Болели бронхитом	35,5 (343)	38,2 (210)
Болели обструктивным бронхитом	12,0 (106)	12,3 (62)
Болели бронхиолитом	10,0 (85)	12,4 (60)
<i>За последние 12 месяцев</i>		
Ночной сухой кашель, не связанный с вирусом или простудой	20,4 (205)	22,5 (131)
Выделение мокроты, не связанное с вирусом или простудой	14,8 (133)	16,9 (91)
Острый бронхит	11,2 (114)	11,7 (69)
Использование лекарств от астмы	11,5 (118)	12,0 (71)
Приступы одышки	7,1 (70)	8,0 (45)
<i>Когда-то были</i>		
Хронический бронхит	5,8 (59)	5,9 (35)
Свистящее дыхание	24,7 (241)	26,3 (147)
Диагностирована пневмония	16,2 (164)	18,3 (108)
Диагностирована астма	13,8 (140)	13,7 (81)
Приступы астмы	9,1 (95)	9,2 (56)

Из числа респираторных жалоб, имевших место за последний год, чаще всего сообщалось о сухом кашле в ночное время, который не был связан с вирусным или простудным заболеванием (20,4%). Данный показатель тоже сходен с исследованием 2015 года: тогда сообщалось о сухом кашле у 23,7% (Idavain и др., 2015, Idavain и др., 2019). В ходе настоящего исследования возникновение большинства респираторных заболеваний, сообщаемое самими респондентами, не различалось по национальностям или по размерам дохода. Тем не менее, о бронхиолите, перенесенном в первые два года жизни, сообщали в большей степени родители других национальностей (11,8%), чем родители эстонцев (5,8%) (χ^2 , $p=0,019$). Было установлено, что на возникновение сухого кашля и свистящего дыхания влияет курение. У детей из тех семей, где мать или отец когда-то курили или курят сейчас, сухой кашель и свистящее дыхание встречались чаще (χ^2 , $p<0,05$). Диагноз «обструктивный бронхит», «хронический бронхит» и «астма» ставился мальчикам чаще, чем девочкам, в то время как у девочек чаще встречался диагноз «пневмония» (χ^2 , $p <0,05$).

Аллергия

Половина родителей указала, что у них в семье есть проблемы с аллергией (таблица 7). Наиболее часто упоминаемая проблема аллергии в блоке вопросов об аллергии – капающий/заложенный нос, что не связано с вирусным или простудным заболеванием (30,5%). Однако аллергический насморк диагностировался только у 5,4% опрошенных. О наличии у ребенка аллергии на специфический аллерген (пылевые клещи, кошки, собаки, продукты питания) сообщили 36,4% родителей. В случае большинства респондентов эту аллергию подтвердил и врач. Наиболее распространенными являются пищевая аллергия (22,1%) и дерматит/экзема (28,5%).

Таблица 7. Сообщаемое наличие аллергий

	Все опрошенные, % (n)	Участники клинического исследования, % (n)
<i>За последние 12 месяцев</i>		
Капающий/заложенный нос, не связано с вирусом или простудой	34,1 (179)	30,5 (273)
Проблемы с носом вместе со слезящимися глазами	25,0 (145)	22,7 (227)
Зудящая сыпь	34,6 (91)	32,0 (142)
Зудящая сыпь ночью	13,4 (27)	12,4 (42)
<i>Когда-то были</i>		
Капающий/заложенный нос, не связано с вирусом или простудой	40,6 (231)	37,3 (367)
Сенная лихорадка/аллергия на цветочную пыльцу	10,1 (53)	10,9 (99)
Аллергия на кошек	11,8 (64)	11,4 (112)
Аллергия на собак	7,3 (40)	7,1 (68)

Аллергия на пылевых клещей	18,4 (102)	17,7 (171)
Аллергия на пищевые продукты	24,8 (140)	22,1 (215)
Всего видов аллергии*	38,7 (227)	36,4 (367)
Проблемы с аллергией в семье	57,6 (342)	53,5 (546)
Зудящая сыпь, длившаяся ≥6 месяцев	20,4 (121)	19,2 (196)
Дерматит/экзема	32,9 (83)	28,5 (122)
Диагностирован хронический насморк	6,9 (41)	5,4 (55)

*Всего суммированы сообщаемые самими респондентами сенная лихорадка/аллергия на цветочную пыльцу, кошек, собак, пылевых клещей, пищевые продукты

В семьях, где доход на одного человека выше, сами респонденты сообщают о различных аллергиях у ребенка в общей сложности чаще, чем в семьях с меньшим доходом (χ^2 , $p < 0,05$). Зудящая сыпь чаще встречается у этнических эстонцев, а хронический насморк – у детей других национальностей (таблица 8). Капающий нос чаще встречается у детей в семьях курильщиков, а дерматиты более часты в тех семьях, где никто никогда не курил или сейчас не курит (χ^2 , $p < 0,05$). По сравнению с исследованием 2015 года, сообщения об аллергии на пыль, кошек и собак аналогичны, но сообщения о сенной лихорадке участились. О зудящей сыпи и проблемах с носом, вместе со слезящимися глазами, сообщалось реже, чем четыре года назад (Idavain и др., 2015).

Таблица 8. Сообщаемое самими респондентами наличие аллергий, по национальностям

	Эстонцы, %	Неэстонцы, %
<i>За последние 12 месяцев</i>		
Капающий/заложенный нос, не связано с вирусом или простудой	28,5	31,3
Проблемы с носом вместе со слезящимися глазами	22,4	22,9
Зудящая сыпь	34,8	30,7
<i>Когда-то были</i>		
Капающий/заложенный нос, не связано с вирусом или простудой	37,4	37,5
Всего аллергий ¹	39,4	35,0
Зудящая сыпь, длившаяся не менее 6 месяцев	24,8*	17,1*
Дерматит/экзема	30,7	27,9
Диагностирован хронический насморк	2,9*	6,4*

*Разница статистически значимая, χ^2 , $p < 0,05$

¹Всего суммированы сообщаемые самими респондентами сенная лихорадка/аллергия на цветочную пыльцу, кошек, собак, пылевых клещей, пищевые продукты

Если посмотреть, когда чаще встречались проблемы с носом наряду с зудящими глазами, то это чаще случалось весной, чаще всего – в мае (рисунок 25). Наиболее вероятной причиной является цветочная пыльца, потенциальное воздействие которой могло быть усилено загрязнением воздуха. Schiavoni и др. (2017) проанализировали взаимодействие между пыльцой и загрязнением воздуха, обнаруженное в различных исследованиях, и обнаружили, что эта комбинация увеличивает риск развития респираторной аллергии. На возможное влияние загрязнения атмосферного воздуха также указывают наличие симптомов поздней осенью и зимой, когда цветочной пыльцы нет (рисунок 25).

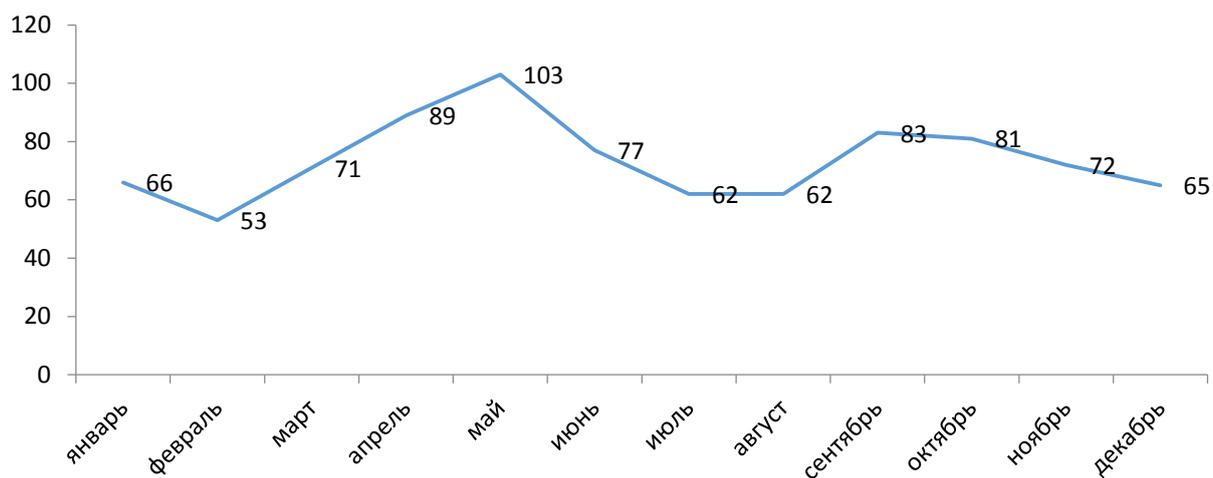


Рисунок 25. Наличие капающего/заложенного носа (количество ответивших респондентов) наряду с зудящими, слезящимися глазами в течение последнего года, по месяцам.

Самооценка здоровья

Гораздо лучше оценивали здоровье детей родители эстонской национальности. Здоровье детей русской и других национальностей оценивалось в основном как «хорошее» (64%). Здоровье своего ребенка как «очень хорошее» (31%) чаще оценивали этнические эстонцы, чем неэстонцы (18%) (χ^2 , $p < 0,05$). Общее состояние здоровья детей оценивалось как «плохое» только в отношении детей русской национальности. Здоровье ребенка оценивалось по пятибалльной шкале как «очень плохое» один раз, а как «плохое» – шесть раз. О наличии других серьезных проблем со здоровьем у ребенка сообщалось в общей сложности 87 раз (8,6% респондентов). В качестве других серьезных проблем со здоровьем указывались, например, диабет, потеря остроты зрения, врожденные заболевания, удаление аденоидов и миндалин, эпилепсия и т. д.

4.3. Результаты клинических испытаний

В клинических исследованиях участвовали в общей сложности 602 ребенка, из которых 547 детей прошли тест на аллергию. Общий тест на аэроаллергены «Фадиа топ» был положительным (более 0,35 кМЕ/л) для 38% исследуемых детей. Для тех детей, у которых был положительный результат общего теста, были проведены дополнительные исследования, чтобы определить, какой именно аллерген, передающийся воздушно-капельным путем (пылевые клещи (*Dermatophagoides pteronyssinus* и *D. Farinae*)), кошка, собака, лошадь, тимофеевка, береза, полынь, плесень (*Cladosporium spp*) вызывает

аллергию. Из числа исследованных аэроаллергенов чаще аллергию вызывали пылевые клещи (27%), а далее следовали аллергии на кошек и собак. Очень редко обнаруживалась сенсibilизация на плесень (таблица 9). Очень сильная сенсibilизация (>50 кМЕ/л) была обнаружена в отношении тимофеевки, собак, кошек, березовой пыльцы, кошек и, больше всего, пылевых клещей. В бытовой пыли были обнаружены пылевые клещи 13 видов. Из числа этих исследованных клещей клещи *D. pteronyssinus* и *D. Farinae* составляют 80–90% домашней популяции клещей. Пылевые клещи не представляют опасности для человека, если у него нет на них аллергии. Сенсibilизация в отношении клещей является важнейшим фактором риска развития астмы, а также может стать причиной аллергического насморка (Annus & Voor, 2007).

Таблица 9. Сенсibilизация на аллергены

	>0,35 кМЕ/л	>0,7 кМЕ/л	>3,5 кМЕ/л	>17,5 кМЕ/л	>50 кМЕ/л
	% (n)				
Общий тест на наличие аллергий «Фадиа топ»	37,3 (204)	32,7 (179)	27,1 (148)	19,6 (107)	7,5 (41)
Пылевой клещ (один или оба)	26,9 (147)	24,3 (133)	17,9 (98)	12,6 (69)	5,9 (32)
Кошка	18,1 (99)	16,1 (88)	11,0 (60)	5,1 (28)	3,1 (17)
Собака	15,0 (82)	12,2 (67)	5,5 (30)	1,8 (10)	0,9 (5)
Лошадь	6,2(34)	4,8 (26)	2,4 (13)	0	0
Тимофеевка (сено)	11,7 (64)	8,6 (47)	4,8 (26)	1,6 (9)	0,7 (4)
Береза	13,7 (75)	11,9 (65)	5,7 (31)	3,8 (21)	2,7 (15)
Полынь	7,1 (39)	5,9 (32)	2,0 (11)	0,7 (4)	0
Плесень	1,6 (9)	0,9 (5)	0,2 (1)	0	0

Аллергия и астма могут быть связаны с наследственностью. В тех семьях, где в ходе опроса ответили, что в семье имеются проблемы с аллергией, также было больше и детей, прошедших тест «Фадиа топ» (>0,35) с положительным результатом (42%), чем среди тех, кто ответил, что в семье нет никаких проблем с аллергиями – 30,6% (z-критерий, $p < 0,05$). У отцов с астмой в 66% случаев дети прошли тест «Фадиа топ» с положительным результатом, и у отцов с аллергическим насморком 62% детей имели положительные результаты по тесту «Фадиа топ». В случае астмы или аллергического насморка у матерей, бабушек и дедушек, братьев и сестер, у большинства детей не было обнаружено аллергии при тестировании.

В данном исследовании были также дети со сниженной функцией легких (FEV1) – 2,8% детей (таблица 10). Этот показатель был меньше, по сравнению с исследованием 2015 г., в котором количество таких детей составляло в Ида-Вирумаа 4,1% (Idavain и др., 2019). В то же время, в еще более раннем исследовании SINPHONIE среди детей соответствующий показатель составлял 1,3% (Idavain и др., 2015).

Таблица 10. Результаты спирометрии

	% (n)
FEV1 % < 80%	2,8 (17)
FEV1/FVC % < 85%	20,6 (124)
FVC < 80%	13,1 (79)

Высокая концентрация FeNO (≥ 30 млрд⁻¹) в этом исследовании была у 9,1% детей (таблица 11), в то время как в исследовании 2015 года она отмечалась у 14,9% детей. Также снизилась доля детей, которые имеют высокую концентрацию FeNO в выдыхаемом воздухе, но у которых не диагностирована астма: в этом исследовании – 7,8%, в то время как в 2015 году в Ида-Вирумаа их было более 10%. Тем не менее, оба эти значения выше, чем результаты исследования SINPHONIE в Тартумаа (5%) (Idavain и др., 2015).

Таблица 11. Концентрации FeNO в выдыхаемом воздухе, диагноз астмы и прием лекарств

	FeNO, % (n)	Без диагноза астмы, % (n)	Принимают лекарства от астмы в течение последнего года, % (n)
≥ 15 млрд ⁻¹	24,7 (147)	22,6 (113)	35,2 (25)
≥ 20 млрд ⁻¹	16,8 (100)	14,6 (73)	31,0 (22)
≥ 25 млрд ⁻¹	11,4 (68)	10,0 (50)	21,1 (15)
≥ 30 млрд ⁻¹	9,1 (54)	7,8 (39)	16,9 (12)

Показатели аллергии и респираторные показатели, характерные для астмы, тесно связаны между собой (таблица 12). Оказалось, что у тех, у кого есть аллергия («Phadiatop» $>0,35$), также повышены и значения FeNO (соотношение шансов, OR=1,17 (95% CI 1,13-1,20)).

Основываясь на полученных результатах, мы можем сказать, что с диагнозом «астма» связаны общий показатель аллергии, а также аллергия на кошек и собак (таблица 12). Связь с аллергиями не обнаруживается в случае пневмонии, бронхита и бронхиолита. Мы не обнаружили взаимосвязи между цветочной пылью (береза и тимофеевка), астмой или симптомами, указывающими на астму (приступы одышки, свистящее дыхание, сухой кашель в ночное время). Березовая пыльца скорее вызывает проблемы с носом и слезящимися глазами. Не была выявлена и взаимосвязь между сообщаемым наличием ночного сухого кашля и измеренной аллергией на пылевого клеща (χ^2 , $p < 0,05$).

Таблица 12. Взаимосвязи между клинически определенными аллергиями и сообщаемыми самими респондентами симптомами респираторных заболеваний

	«Фадиа- топ» $>0,35$	Пылевые клещи	Кошка	Собака	Береза	Сено
<i>За первые два года жизни = OR* (95% CI)</i>						
Болели пневмонией	1,04 (0,56-1,90)	0,87 (0,31-2,48)	1,18 (0,45-3,13)	1,54 (0,58-4,09)	1,36 (0,51-3,66)	0,66 (0,21-2,09)
Болели бронхитом	1,12 (0,75-1,67)	0,71 (0,34-1,45)	0,73 (0,38-1,42)	1,02 (0,53-1,98)	1,08 (0,55-2,13)	0,81 (0,32-1,67)
Болели обструктивным бронхитом	1,63 (0,90-2,98)	1,10 (0,41-2,96)	2,75 (1,09-6,96)	3,31 (1,35-8,15)	1,71 (0,72-4,08)	1,71 (0,71-4,26)
Болели бронхиолитом	1,25 (0,67-2,35)	0,70 (0,23-2,17)	0,49 (0,17-1,44)	1,01 (0,36-2,85)	0,96 (0,33-2,77)	1,50 (0,51-4,38)

<i>Когда-то были = OR* (95% CI)</i>						
Свистящее дыхание	2,32 (1,50-3,56)	1,60 (0,76-3,39)	1,69 (0,88-3,25)	2,73 (1,41-5,25)	1,66 (0,85-3,26)	1,24 (0,62-2,46)
Капающий/заложенный нос, не связано с вирусом или простудой	3,85 (2,57-5,77)	1,43 (0,69-2,96)	1,72 (0,90-3,29)	3,51 (1,73-7,11)	2,21 (1,09-4,47)	1,64 (0,80-3,35)
Диагноз астмы	3,77 (2,18-6,54)	1,44 (0,64-3,26)	2,24 (1,10-4,56)	3,15 (1,54-6,46)	0,98 (0,48-2,02)	1,62 (0,78-3,38)
<i>За последние 12 месяцев = OR* (95% CI)</i>						
Ночной сухой кашель, не связанный с вирусом или простудой	1,72 (1,10-2,67)	0,71 (0,34-1,48)	1,21 (0,62-2,36)	1,60 (0,82-3,12)	1,76 (0,89-3,50)	1,57 (0,77-3,19)
Приступы одышки	4,11 (2,04-8,30)	1,89 (0,65-5,47)	1,39 (0,59-3,25)	2,14 (0,92-4,98)	0,87 (0,36-2,15)	1,16 (0,45-2,90)
Острый бронхит	1,50 (0,83-2,69)	0,92 (0,35-2,44)	0,63 (0,26-1,53)	0,92 (0,38-2,26)	0,72 (0,28-1,88)	1,26 (0,49-3,28)
Капающий/заложенный нос, не связано с вирусом или простудой	3,94 (2,57-6,04)	1,60 (0,79-3,27)	1,89 (0,20-3,59)	3,46 (1,77-6,77)	2,33 (1,18-4,61)	1,73 (0,87-3,47)
Проблемы с носом наряду со слезящимися глазами	5,25 (3,37-8,20)	1,38 (0,68-2,78)	1,97 (1,06-3,66)	2,31 (1,24-4,33)	1,96 (1,03-3,72)	1,51 (0,78-2,93)

*OR – соотношение шансов, логистическая регрессия, адаптированная в отношении дохода-нетто, пола, курения (курил ли кто-либо когда-либо в семье или нет), возраста и образования родителей.

Чтобы оценить различия в заболеваемости в разных регионах, мы сравнили показатели в школах разных регионов (таблица 13). Школы, как правило, были очень похожи: значительная разница была выявлена только в отношении пневмонии и бронхита, перенесенных в первые два года жизни.

Таблица 13. Наличие заболеваний, по регионам, % (n*)

	Школы Йыхви	Школы Кивиыли	Школы Кохтла- Ярве	Школы Нарвы и Нарва- Йыэсуу	Школы Силламяэ	Школы других регионов	Всего
<i>Перенесены в первые два года жизни</i>							
Пневмония	9,2% (11a,b)	9,5% (7a,b)	6,3% (14b)	16,2% (50a)	8,0% (6a,b)	7,9% (5a,b)	10,8% 93
Бронхит	30,8% (40a)	33,8% (26a,b)	33,5% (84a)	38,0% (122a,b)	51,6% (49b)	34,4% (22b)	36,6% 343
Обструктивный бронхит	14,4% (17a)	12,3% (9a)	12,9% (29a)	12,2% (36a)	13,7% (10a)	8,1% (5a)	12,5% 106
Бронхиолит	11,4% (12a)	7,5% (5a)	9,0% (18a)	15,4% (41a)	6,2% (4a)	8,9% (5a)	11,2% 85a

<i>Когда-то было</i>							
Свистящее дыхание	21,5% (29a)	21,5% (17a)	24,3% (61a)	26,4% (90a)	32,3% (30a)	18,7% (14a)	24,7% 241
Всего аллергий (сообщаемое количество)	39,3% (53a)	39,2% (31a)	36,1% (97a)	35,1% (122a)	38,2% (39a)	32,9% (25a)	36,4% 367
Капающий/заложенный нос, не связано с вирусом или простудой	41,0% (55a)	32,1% (25a)	35,4% (92a)	40,5% (137a)	39,8% (39a)	25,3% (19a)	37,3% 367
Диагноз астмы	15,8% (22a)	12,3% (10a)	18,1% (48a)	11,6% (41a)	12,6% (13a)	7,9% (6a)	13,8% 140
<i>За последние 12 месяцев</i>							
Ночной сухой кашель, не связанный с вирусом или простудой	19,0% (26a)	26,3% (21a)	23,9% (63a)	18,1% (63a)	22,8% (23a)	12,0% (9a)	20,4% 205
Приступы одышки	7,3% (10a)	9,0% (7a)	6,7% (17a)	7,8% (27a)	5,4% (5a)	5,3% (4a)	7,1% 70
Острый бронхит	9,4% (13a)	18,3% (15a)	10,0% (27a)	9,1% (32a)	17,3% (18a)	11,8% (9a)	11,2% 114
Капающий/заложенный нос, не связано с вирусом или простудой	32,0% (40a)	26,1% (18a)	29,2% (70a)	33,7% (105a)	28,6% (24a)	24,2% (16a)	30,5% 273
Проблемы с носом наряду со слезящимися глазами	23,1% (31a)	19,2% (15a)	24,3% (64a)	23,9% 83a	19,6% (20a)	18,4% (14a)	22,7% 227
<i>Клиническое исследование</i>							
Сенсибилизация	38,9% (37a)	28,1% (16a)	31,7% (19a)	44,3% (97a)	30,8% (20a)	31,4% (16a)	37,6% 206
FeNO ≥ 30 млрд ⁻¹	8,7% (9a)	5,0% (3a)	9,2% (6a)	12,6% (30a)	4,2% (3a)	5,4% (3a)	9,0% 54

*Z-критерий и коррекция Бонферрони. Регионы отличаются друг от друга ($p < 0,05$), если отсутствуют перекрывающиеся буквы.

4.4. Взаимосвязи между уровнями загрязнения воздуха и заболеваниями

Чтобы оценить взаимосвязи между уровнями загрязнения воздуха, заболеваниями и симптомами заболеваний, сначала был проведен U-тест (U-критерий). В дальнейшую логистическую регрессию (таблица 14) были включены только те заболевания и симптомы, которые остались статистически значимыми ($p < 0,05$). Логистическая регрессия также была адаптирована к искажающим факторам (таблица 14).

Таблица 14. Взаимосвязи уровней загрязнения воздуха с респираторными показателями и аллергией. Отдельно оценивалось влияние загрязнителей, происходящих из всех источников, и загрязнителей, вызванных только сланцевой промышленностью.

	За первые два года жизни		Когда-то были			Клиническое исследование	
	Пневмония	Бронхит	Диагноз астмы	Хронический насморк	Капающий нос	«Фадиа-топ» >0,35 КМЕ/л	FeNO >30 млрд ⁻¹
	OR* (95% CI) на 1 мкг/м ³ (BaP 1 нг/м ³) увеличения экспозиции						
Бензол дома (все источники)	1,12 (1,04-1,20)	1,02 (0,97-1,06)	1,03 (0,98-1,09)	1,08 (0,99-1,17)	1,04 (0,99-1,08)	1,07 (1,01-1,13)	1,09 (1,00-1,18)
Бензол в школе (все источники)	1,13 (1,05-1,21)	1,02 (0,98-1,06)	1,04 (0,99-1,10)	1,07 (0,99-1,15)	1,04 (1,00-1,09)	1,08 (1,02-1,14)	1,11 (1,01-1,22)
Бензол дома (сланцевые ист.)	1,23 (1,11-1,34)	1,08 (1,01-1,15)	1,05 (0,97-1,14)	1,15 (1,02-1,29)	1,08 (1,01-1,15)	1,08 (1,00-1,18)	1,12 (0,98-1,27)
Бензол в школе (сланцевые ист.)	1,22 (1,10-1,35)	1,05 (0,99-1,12)	1,08 (1,00-1,17)	1,10 (0,98-1,24)	1,07 (1,00-1,13)	1,09 (1,00-1,18)	1,10 (0,97-1,25)
ТЧ ₁₀ дома (все источники)	1,21 (0,82-1,76)	0,90 (0,71-1,15)	1,05 (0,78-1,43)	1,33 (0,84-2,10)	0,96 (0,76-1,22)	1,12 (0,82-1,53)	0,99 (0,59-1,68)
ТЧ ₁₀ в школе (все источники)	1,26 (0,90-1,76)	0,95 (0,76-1,17)	1,10 (0,84-1,45)	1,13 (0,74-1,71)	1,10 (0,90-1,36)	1,10 (0,83-1,46)	1,27 (0,80-2,02)
ТЧ ₁₀ дома (сланцевые ист.)	1,34 (1,15-1,57)	1,12 (1,02-1,23)	1,08 (0,96-1,21)	1,23 (1,03-1,47)	1,01 (1,00-1,21)	1,10 (0,97-1,26)	1,18 (0,97-1,42)
ТЧ ₁₀ в школе (сланцевые ист.)	1,34 (1,14-1,56)	1,09 (0,99-1,19)	1,13 (1,00-1,27)	1,17 (0,98-1,38)	1,01 (0,99-1,19)	1,12 (0,98-1,28)	1,16 (0,96-1,41)
ТЧ _{2.5} дома (все источники)	0,89 (0,64-1,23)	1,18 (0,97-1,43)	1,02 (0,80-1,31)	1,40 (0,97-2,02)	0,98 (0,81-1,19)	0,82 (0,63-1,07)	0,60 (0,37-0,98)
ТЧ _{2.5} в школе (все источники)	0,98 (0,73-1,32)	1,15 (0,97-1,38)	1,04 (0,83-1,32)	1,18 (0,84-1,67)	1,06 (0,89-1,27)	0,83 (0,65-1,07)	0,74 (0,48-1,14)
ТЧ _{2.5} дома (сланцевые ист.)	1,83 (1,33-2,51)	1,26 (1,04-1,53)	1,17 (0,92-1,48)	1,53 (1,07-2,19)	1,22 (1,01-1,47)	1,26 (1,00-1,58)	1,43 (1,00-2,09)
ТЧ _{2.5} в школе (сланцевые ист.)	1,81 (1,32-2,46)	1,19 (0,99-1,44)	1,26 (1,00-1,59)	1,38 (0,98-1,95)	1,20 (1,00-1,44)	1,27 (1,01-1,60)	1,40 (0,96-2,04)
В(а)Р дома (все источники)	0,87 (0,62-1,21)	0,78 (0,64-0,96)	1,02 (0,78-1,32)	0,82 (0,55-1,23)	0,94 (0,66-1,15)	1,13 (0,87-1,46)	1,26 (0,82-1,94)
В(а)Р в школе (все источники)	1,14 (0,87-1,62)	0,81 (0,68-0,96)	0,78 (0,62-0,98)	0,71 (0,50-1,00)	0,99 (0,84-1,17)	1,12 (0,88-1,40)	1,02 (0,70-1,49)
В(а)Р дома (сланцевые ист.)	0,75 (0,42-1,37)	1,72 (1,18-2,49)	1,22 (0,74-2,00)	1,73 (0,90-3,29)	1,26 (0,88-1,81)	0,80 (0,49-1,30)	0,44 (0,17-1,12)
В(а)Р в школе (сланцевые ист.)	0,74 (0,41-1,37)	1,68 (1,16-2,43)	1,13 (0,69-1,85)	1,55 (0,80-3,00)	1,35 (0,94-1,95)	0,71 (0,43-1,19)	0,51 (0,20-1,25)
H ₂ S дома (все источники)	0,48 (0,24-0,95)	0,66 (0,46-0,94)	0,88 (0,57-1,37)	0,49 (0,21-1,14)	0,99 (0,70-1,37)	1,01 (0,56-1,83)	1,80 (0,72-4,49)
H ₂ S в школе (все источники)	0,45 (0,23-0,89)	0,77 (0,54-1,09)	0,71 (0,46-1,07)	0,67 (0,33-1,40)	0,88 (0,63-1,24)	1,20 (0,62-2,31)	1,21 (0,41-3,56)
H ₂ S дома (сланцевые ист.)	0,87 (0,74-1,03)	0,92 (0,84-1,00)	0,97 (0,88-1,07)	0,84 (0,68-1,04)	0,98 (0,91-1,07)	0,94 (0,85-1,05)	0,97 (0,81-1,16)
H ₂ S в школе (сланцевые ист.)	0,87 (0,75-1,01)	0,93 (0,86-1,00)	0,99 (0,90-1,08)	0,85 (0,71-1,02)	0,95 (0,88-1,02)	0,98 (0,89-1,07)	0,93 (0,79-1,10)

*OR – соотношение шансов, логистическая регрессия, адаптированная в отношении дохода-нетто, пола, курения (курил ли кто-либо когда-либо в семье или нет), возраста и образования родителей.

В ходе анализа выяснилось, что основными загрязняющими веществами, вызывающими заболеваемость, являются бензол, крупнодисперсные твердые ($ТЧ_{10}$) и тонкодисперсные твердые частицы ($ТЧ_{2,5}$). В отличие от других загрязняющих веществ, в случае сероводорода отсутствовали отрицательные эффекты с исследованными жалобами на здоровье. Из-за низких концентраций это ожидаемо; в то же время сероводород связан с обеспокоенностью родителей, поскольку порог запаха у вещества очень низок.

В случае бензола была выявлена статистически значимая взаимосвязь с наиболее исследованными заболеваниями или симптомами, при контакте либо в школе, либо дома. Если сравнивать взаимосвязи между бензолом, происходящим из всех источников, и бензолом, вызванным сланцевым сектором, последний оказывал немного большее влияние. В то же время на основании моделирования загрязнения воздуха, преобладающая часть контактов с бензолом как раз и происходит из источников сланцевого сектора (рисунки 8 и 9).

В случае крупнодисперсных и мелкодисперсных твердых частиц было выявлено негативное влияние на здоровье частиц, происходящих только из источников сланцевого сектора (Таблица 14). Тем не менее, львиная доля контактов учащихся с частицами, загрязняющими воздух, происходит совсем из других источников (рисунки с 14 по 17). Причиной этого может быть более высокая токсичность частиц, вызванных сланцевой промышленностью, или они служат скорее индикатором промышленного загрязнения в целом, поскольку эти выбросы более точны и лучше контролируются, а дисперсная модель загрязнения воздуха лучше валидируется.

В случае бензо(а)пирена (B(a)P) была выявлена статистически значимая связь только с бронхитом, перенесенным в раннем возрасте, а также взаимосвязь между выбросами, происходящими из всех источников и только из источников сланцевого сектора (Таблица 14). Если посмотреть на карты дисперсии бензо(а)пирена, они очень разные (рисунки 18 и 19). Основным источником бензо(а)пирена является печное отопление, в результате чего этот загрязнитель распространен по всему Ида-Вирумааскому уезду. Однако в случае выбросов сланцевого сектора он сконцентрирован только в определенных областях. Если посмотреть на концентрации (рисунки 18 и 19), то из сланцевого сектора происходит только крайне небольшая часть бенз(а)пирена, в то время как было выявлено его существенное влияние на развитие бронхита. Опять же, бенз(а)пирен здесь может быть индикатором промышленного загрязнения в целом, или фактически выбросы в сланцевом секторе выше, что и обусловило его влияние на здоровье.

Что касается сероводорода, мы не увидели статистически значимого влияния на развитие какого-либо заболевания или симптома заболевания. Этот результат также был ожидаем, так как уровни сероводорода слишком низки, чтобы вызвать токсические эффекты, и в то же время достаточно высоки для раздражающего запаха. Кроме того, модель дисперсии сероводорода отличалась от модели дисперсии других загрязняющих веществ, вызванной статистически значимой ($p < 0,05$) отрицательной корреляцией между сероводородом и бензолом и мелкодисперсными твердыми частицами (коэффициент корреляции Пирсона от -0,27 до -0,57).

4.5. Разработанная и воспроизводимая методика

В начале настоящего исследования была разработана методика для нахождения взаимосвязей между состоянием атмосферного воздуха и детской астмой, а также другими аллергическими заболеваниями, в районах, подверженных влиянию сланцевой промышленностью. В ходе работы она была применена, и исходя из опыта, приобретенного в ходе ее применения, можно сформулировать следующие рекомендации по ее использованию в будущем.

Данная методика могла бы состоять, в общей сложности, из пяти различных этапов, которые представлены на нижеприведенном рисунке 26.

Однако при использовании методики METRAK следовало бы в первую очередь определить цель и объем ее использования. В частности, эта методика предназначена для использования населением для оценки воздействия загрязнения воздуха сланцем или другими секторами на здоровье человека. В этом случае, точные исследования и анализ необходимы на каждом этапе методики. С другой стороны, эта методика может также применяться врачами или медицинскими работниками в их повседневной работе, где они оценивают состояние здоровья детей (стадия III) и учитывают роль как вмешивающихся факторов, так и загрязнения воздуха в возникновении заболевания (стадия IV-V)



Рисунок 26. Методика METRAK.

В целом, I этап включает в себя сбор информации о качестве воздуха в Ида-Вирумаа. Для этого можно как использовать данные из имеющейся сети мониторинга, так и проводить дальнейшие измерения. Можно применять как активные измерения (подобные тем, что используются на станциях мониторинга), так и использовать пассивные пробоотборники (как в данном проекте). Активные измерения, как правило, более точны и обеспечивают хронологию воздействия загрязняющих веществ, но качество воздуха можно измерять только на ограниченном количестве участков одновременно. В случае пассивных

пробоотборников можно относительно легко производить измерения во многих местах одновременно, но в результате мы получаем данные только о среднем загрязнении воздуха за определенный период, например за неделю или месяц. Таким образом, в случае выбора методики важна цель измерений, на основании которой можно определить: достаточно ли данных мониторинга, необходимо ли провести дополнительные активные измерения, или же необходимо выполнить дополнительные измерения с помощью пассивных пробоотборников. Это должно быть определено до начала измерений.

Однако здесь важен выбор загрязнителей, которые лучше всего отражали бы загрязнение сланцевого сектора. В данном исследовании было установлено, что значимыми загрязняющими веществами здесь являются бензол, а также крупнодисперсные твердые ($ТЧ_{10}$) и тонкодисперсные твердые ($ТЧ_{2.5}$) частицы.

Дополнительные исследования были бы необходимы в отношении фенола, формальдегида и бенз(а)пирена – с точки зрения воздействия на здоровье человека, они имеют важное значение, но есть неопределенность касательно того, какая часть из них вызвана сланцевой промышленностью. Сероводород хоть и берет свое начало в значительной степени в сланцевой промышленности, а также играет очень важную роль в нарушениях качества воздуха, однако он не может в измеренных концентрациях быть связан с возникновением респираторных заболеваний у детей. Концентрации диоксида серы (SO_2) в Ида-Вирумаа хотя и несколько выше, чем в других местах Эстонии, но и там они остаются существенно ниже действующих предельных значений. При возникновении локальной концентрации оксида азота (NO_2) основным источником является транспортный сектор, из-за чего связанные с ним воздействия на здоровье не могут быть увязаны со сланцевой промышленностью. Несмотря на то, что сланцевый сектор имеет большие выбросы оксидов азота, они рассеиваются из высоких дымовых труб на большой территории, и их роль в обеспечении локального качества воздуха невелика.

II этап методика фокусируется на персональном мониторинге или моделировании качества воздуха. Качество воздуха постоянно измеряется только на трех станциях мониторинга: в Нарве, Кохтла-Ярве и Синимяэ. К ним также добавляется и собственный мониторинг предприятий в Силламяэ, Аовере, Кохтла-Ярве и Кивиыли. В то же время исследования показали, что уровень загрязнения воздуха также может значительно варьироваться в пределах города – например, не все жители Нарвы имеют одинаковый контакт с загрязнением воздуха. Таким образом, необходимо было бы либо применять персональный мониторинг загрязнения воздуха на уровне индивидуума, либо осуществлять моделирование уровней загрязнения воздуха.

Поскольку измерение уровня загрязнения каждого индивидуума в течение длительного периода времени при имеющихся ресурсах не представляется возможным и оправданным, в этой работе было применено моделирование загрязнения воздуха.

В Эстонии Центр экологических исследований (частное общество (OÜ), находящееся в собственности Министерства окружающей среды) внедрил систему AirViro, с помощью которой можно моделировать концентрацию загрязнителей рядом с жилым домом. Пользуясь различными базами данных о количествах выбросов загрязняющих веществ, в

ходе данной работы были смоделированы среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в Ида-Вирумаа. Если мы исследуем связи с хроническими заболеваниями, то здесь важен именно долгосрочный контакт, который хорошо описывает среднегодовая концентрация.

На следующем этапе важно связать опрошенных участников с моделируемыми или измеренными значениями загрязнения воздуха. Здесь мы можем использовать Геоинформационные Инфосистемы (ГИС/GIS). В их рамках мы находим по текстовым адресам географические координаты адресных пунктов. Для такого геокодирования можно использовать публичную «Услугу геокодирования» Земельного департамента, доступную на сайте Земельного департамента:

<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Teenused/Geokodeerimise-teenus-p440.html>.

В ходе данного исследования было выявлено, что лучше всего воздействие загрязнения воздуха на здоровье характеризуется контактом с загрязнителем по домашнему адресу, а не по адресу школы. Причиной этого может быть несколько более длительное время контакта.

Если планируется исследовать воздействие на здоровье загрязнения воздуха, вызванного сланцевым сектором, здесь также важно отделять иное загрязнение от выбросов сланцевого сектора. Возможность для этого дает опять-таки моделирование загрязнения воздуха, где мы добавляем в модель дисперсии загрязнения воздуха выбросы только сланцевой промышленности. На данный момент в измерительных станциях Ида-Вирумаа нет измерительных приборов, которые бы позволяли отделять, к примеру, тонкодисперсные твердые частицы во время измерений из только сланцевого сектора, и даже в этом случае все жители Нарвы получали бы одинаковое содержание.

В случае следующего, III этапа, «Оценка состояния здоровья и исследования здоровья», важно в первую очередь выбрать группу для исследования. Здесь мы можем выбрать как взрослых, так и детей. К настоящему исследованию были привлечены учащиеся в 3–4 классах и их родители. В этом возрасте дыхательные пути детей уже в значительной степени развиты, детская астма и другие хронические заболевания в основном диагностированы, и эти дети еще не соприкоснулись с факторами риска подросткового возраста, такими как курение, алкоголь и т. д. Кроме того, состояние их здоровья характеризуется контактом с загрязнением воздуха в течение последнего десятилетия. Однако в случае детей не представляется возможным исследовать целый ряд других хронических последствий загрязнения воздуха для здоровья, важнейшими из которых являются сердечно-сосудистые заболевания.

Состояние здоровья детей можно определить с помощью опроса, с помощью анализа его предварительных данных о лечении или с помощью дополнительных исследований здоровья. В данном исследовании мы применяли как опрос, так и дополнительные обследования здоровья. В клинической части нашего исследования мы использовали биомаркер астмы и аллергической гиперчувствительности или атопической сенсбилизации FeNO. Если он повышен, это указывает на воспаление в дыхательных путях детей. Для измерения содержания FeNO могут использоваться различные измерительные приборы, из которых более старые NIOX MINO и более новые NIOX VERO

используются в Эстонии. В обоих случаях это современный, удобный и быстрый неинвазивный метод оценки биомаркера респираторного аллергического воспаления. Однако следует иметь в виду, что это исследование только помогает врачу в диагностике астмы, назначении лечения и оценке результатов лечения, а высокие значения FeNO не могут быть напрямую связаны с загрязнением сланцевого сектора.

В ходе данного исследования выяснилось, что загрязнение воздуха может как непосредственно влиять на возникновение респираторных заболеваний у детей, так и увеличивать атопическую (аллергическую) сенсibilизацию и, тем самым, на возникновение симптомов респираторных заболеваний (рисунок 26). Для определения аллергии необходимо провести тесты на аллергию. Наличие аллергии следовало бы принимать во внимание как при диагностике респираторных заболеваний, так и при последующем лечении и при снижении контакта с факторами риска.

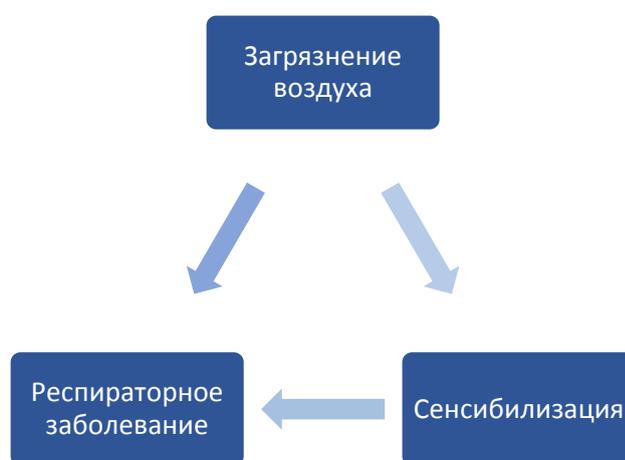


Рисунок 27. Прямое и косвенное влияние загрязнения воздуха на наличие респираторных заболеваний.

Рекомендации врачу или работнику здравоохранения для функциональной диагностики заболеваний органов дыхания у детей и для последующего лечения могли бы быть следующими:

- учитывать, что причиной респираторных симптомов могут быть как инфекции, так и аллергия;
- наличие аллергического воспаления дыхательных путей предполагает регулярное лечение аллергического воспаления;
- аллергию можно определить с помощью оценки концентрации антител IgE либо путем кожных тестов, либо при помощи анализа крови (например, «Фадиа топ»). Поскольку это усиливает воздействие загрязнения воздуха, это важно;
- маркером аллергического воспаления дыхательных путей является повышенное значение FeNO (> 20 млрд⁻¹). Его измерение (например, с помощью NIOX VERO) служит подспорьем при диагностике астмы и при управлении лечением;
- у детей с детской астмой стойкого результата в виде бронхиальной обструкции обычно не обнаруживается. Диагностически более важно оценить, помимо объема форсированного выдоха за одну секунду (FEV1), и долю FEV1 от общего объема выдыхаемого воздуха (FVC) — FEV1/FVC (нормальное значение в детском

возрасте составляет $\geq 85\%$);

- в конечном итоге диагноз основывается на жалобах, клиническом результате и результате исследований, а также на оценке эффективности лечения.

Поскольку на возникновение респираторных заболеваний у детей могут также влиять так называемые вмешивающиеся факторы (например, табачный дым, низкий социально-экономический статус и т. д.), их важно определить, что является содержанием IV этапа методики. В ходе исследований это можно определить с помощью анкетного опроса, проводимого среди детей и их родителей (как и было сделано в настоящем исследовании, Приложение 1) или при медицинском осмотре ребенка в ходе анамнеза (задавая пациенту похожие вопросы).

В случае опросного исследования важны коэффициент отклика (чем выше, тем лучше, но он мог бы быть $>50\%$) и период исследования (желательно в отопительный период, когда роль вмешивающихся факторов меньше). В случае опросного исследования также важно предварительно ходатайствовать о согласии Комитета по этике исследований человека. Если данные вопросы задаются при визите к врачу в ходе анамнеза и не сохраняются в отдельной базе данных, то это согласие не требуется.

Вмешивающиеся факторы необходимо принимать во внимание на следующем, V этапе, если проводятся анализ роли загрязнения воздуха в возникновении заболевания и последующее лечение заболевания. Однако здесь мы также должны различать (1) более сложный анализ, который проводится в рамках научных исследований, и (2) более простой синтез на приеме у врача (включая диагностику и установление причин) исходя из состояния болезни пациента и его контакта с факторами риска.

Анализ, проводимый в рамках научных исследований, должен основываться на исследованиях качества воздуха и данных клинических анализов и/или опроса. При анализе следует использовать регрессионный анализ, который позволяет адаптировать статистические модели в отношении вмешивающихся факторов. Предпочтение можно было бы отдать специальному статистическому программному обеспечению: например, IBM SPSS Statistics, STATA, R и т. д. Если в ходе научных исследований обнаружатся взаимосвязи между загрязненностью воздуха и здоровьем, важно информировать как общественность, так и лиц, принимающих решения, чтобы принять дополнительные меры по улучшению качества воздуха.

Если в ходе анамнеза будет выявлена взаимосвязь между загрязнением воздуха и заболеваемостью, то важную роль играют и лечение заболевания, и сокращение контакта. Рекомендации врачу для функционального лечения заболеваний дыхательных органов могли бы быть следующими:

- лечение астмы и респираторных заболеваний следует начинать своевременно. Необходимым условием для этого является заблаговременное обнаружение частых симптомов и проведение исследований;
- назначение противовоспалительной терапии для дыхательных путей основывается на жалобах, клиническом результате и результатах исследования;
- в случае лечения важную роль играют регулярное наблюдение за детьми и систематичность лечения. При исчезновении симптомов не следовало бы разрешать детям прекращать лечение без решения лечащего врача.

Кроме того, важно сокращать контакт с факторами риска. Для этого следовало бы предпринять следующие шаги:

- при наличии аллергии необходимо избегать контакта с аллергеном;
- поскольку загрязнение воздуха влияет как на возникновение симптомов заболевания, так и на формирование сенсibilизации (рисунок 27), важно сокращать контакт с загрязнением воздуха. Для этого следовало бы улучшить качество воздуха в регионе, избегать нахождения на открытом воздухе в дни с высоким уровнем загрязнения, а также установить у себя дома систему вентиляции, оснащенную фильтрами, или портативный воздухоочиститель.

4.5.1. Применимость методологии

В ходе данного исследования методика была опробована на уровне населения. Методика оказалась применимой и показала статистически значимую связь между различными загрязняющими веществами сланцевого сектора и воздействием на здоровье. На уровне пациента данную методику проверяла один из авторов этой работы, доктор Кая Юлге, которая, являясь детским врачом-аллергологом, ежедневно применяет её в работе с пациентами из Ида-Вирумаа.

Стоимость этого исследования составила 129 982 евро, что включало также разработку методики. Если через несколько лет решат провести повторное исследование или обследование в другом регионе, то следует учитывать аналогичную стоимость (точная цена выяснится в ходе закупки).

Если семейный врач желает провести спирометрию и измерение FeNO для пациента, то следует учитывать, что стоимость составит от 28 до 53 евро на пациента. Большая сумма включает в себя также бронходилататорный тест для оценки эффекта бронходилататора. Тест на аллергию в лаборатории, предоставляющей услуги в Эстонии, добавит от 13 до 65 евро на каждого пациента в зависимости от того, получен положительный или отрицательный тест на аэроаллергены. В случае положительного теста необходимы дальнейшие исследования, чтобы уточнить вызывающий аллергию аллерген.

Поскольку имеем дело с медицинскими процедурами, то они могут выполняться только имеющим соответствующее разрешение лицом. В настоящее время проводят спирометрию и определяют уровень FeNO обычно в Таллинне и Тарту, поскольку в Ида-Вирумаа нет опытного специалиста. Крайне необходимо, чтобы в регионе Ида-Вирумаа был подготовлен специалист с соответствующим опытом, что улучшило бы доступность лечения для детей.

Данные, полученные в ходе исследований, являются деликатными персональными данными и должны обрабатываться в соответствии с требованиями Общего регламента ЕС о защите персональных данных. Исследователи также должны иметь соответствующую инфраструктуру хранения данных для последующего анализа.

Для анализа данных аналитик должен иметь базовые знания по биостатистике. Существует возможность использовать как платное статистическое программное обеспечение, так и бесплатное (например, R) для анализа данных. Поскольку их математическая основа одна и та же, полученный результат является эквивалентным.

Резюме

В рамках данной работы была разработана методика, позволяющая оценивать взаимосвязи между состоянием окружающей среды и состоянием здоровья детей в районах, подверженных влиянию сланцевой промышленности. Методика включает в себя (1) исследования качества воздуха, (2) оценку персонального контакта опрошенных с загрязнением воздуха, (3) определение распространенности исследуемых симптомов заболеваний и заболеваемости, (4) анализ других вмешивающихся факторов (таких как курение, которые также могли повлиять на заболеваемость) и (5) анализ роли загрязнения воздуха в возникновении заболевания.

В ходе применения разработанной методики была выявлена значительная взаимосвязь между загрязненностью воздуха и проявлением целого ряда воздействий на здоровье. Статистически значимое влияние было выявлено, прежде всего, на формирование хронических заболеваний или аллергии, или на наличие пневмонии или бронхита, перенесенных в детстве. В то же время мы не обнаружили никаких статистически значимых связей ни с одной из проблем с дыхательными путями, выявленных за последние 12 месяцев, таких как свистящее дыхание, приступы одышки, кашель и острый бронхит.

Исследование также показало, что загрязнение воздуха может как непосредственно влиять на возникновение респираторных заболеваний, так и косвенно увеличивать atopическую (аллергическую) сенсibilизацию и, тем самым, возникновение симптомов респираторных заболеваний. Это показали взаимосвязи между контактом с загрязнением воздуха и аллергией, а также, в свою очередь, анализ взаимосвязей между аллергией и жалобами, связанными с дыхательными путями.

При анализе взаимосвязей между уровнями загрязнения воздуха и заболеваниями выяснилось, что основными загрязняющими веществами, вызывающими заболеваемость, являются бензол, крупнодисперсные и тонкодисперсные твердые частицы. В тоже время, в случае некоторых других загрязняющих веществ, таких как фенол и бензо(а)пирен, а в области Кивиыли – и тонкодисперсные твердые частицы, вероятно, имеет место занижение отчетности о выбросах, поскольку были выявлены огромные различия с концентрациями, измеренными на станциях мониторинга, и концентрациями, смоделированными на основании данных о выбросах, сообщаемых сланцевыми предприятиями.

Хотя, по результатам исследования, распространенность астмы несколько выросла, по сравнению с предыдущим «Исследованием воздействий сланцевого сектора на здоровье», в ходе клинического исследования мы увидели снижение повышенных концентраций биомаркера астмы и аллергической гиперчувствительности, т. е. atopической сенсibilизации (FeNO). Это может указывать на то, что астма, по сравнению с 2015 годом, лучше диагностируется, дети получают лечение, и у них снизилось количество воспалений дыхательных путей.

А также, родители были более осведомлены о воздействиях загрязнения воздуха на здоровье и больше беспокоились (39% респондентов), по сравнению с остальными

жителями Эстонии. Кроме того, они считают проблему загрязнения воздуха гораздо более важной, чем остальная часть населения Эстонии: более половины респондентов оценили угрозу для себя и своей семьи из-за загрязнения воздуха как «большую» или «очень большую», а каждый шестой респондент оценивает загрязнение воздуха как «невыносимо раздражающее».

Разработанная методика может быть использована в будущем как врачами, так и исследователями для проведения повторных исследований (один раз в 5–10 лет), чтобы оценить взаимосвязи между состоянием окружающей среды и состоянием здоровья детей в районах, подверженных влиянию сланцевой промышленности, и оценить динамику изменения состояния здоровья на протяжении этих лет.

Использованная литература

- Annus T & Voor T. 2007. Tolmulestaallergia. *Eesti Arst* 86(7):478-484.
- Asher MI, Montefort S, Björkstén B, Lai CK, Strachan DP, Weiland SK, Williams H; ISAAC Phase Three Study Group. 2006. Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood. ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys. *Lancet* 368:733-743.
- Björkstén B, Dumitrascu D, Foucard T, Khetsuriani N, Khaitov R, Leja M, Lis G, Pekkanen J, Priftanji A, Riikjärv MA. 1998. Prevalence of childhood asthma, rhinitis and eczema in Scandinavia and Eastern Europe. *European Respiratory Journal* 12(2):432-437.
- Dweik RA, Boggs PB, Erzurum SC, Irvin CG, Leigh MW, Lundberg JO, Olin AC, Plummer AL, Taylor DR; American Thoracic Society Committee on Interpretation of Exhaled Nitric Oxide Levels (FENO) for Clinical Applications. 2011. An official ATS clinical practice guideline: Interpretation of Exhaled Nitric Oxide Levels (FeNO) for clinical applications. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 184(5), 602–615.
- Этлин, С. 1989. Гигиенические основы охраны атмосферного воздуха в районе размещения предприятий сланцевой химии и энергетики. Москва.
- Idavain J, Julge K, Orru H, Rebane T, Pindus M. 2015. Põlevkivisektori tervisemõjude uuring: kooliõpilaste hingamisteede ja allergiate uuring. Tartu, Tallinn: Tartu Ülikool, Terviseamet.
- Idavain J, Julge K, Rebane T, Lang A, Orru H. 2019. Respiratory symptoms, asthma and levels of fractional exhaled nitric oxide in schoolchildren in the industrial areas of Estonia. *Science of The Total Environment* 650(Pt 1):65-72.
- Julge K, Otter K, Vasar M, Kivivare M. 2006. Astma ja teiste allergiahaiguste sõeluuring Eesti kooliõpilastel. *Eesti Arst* 85(8):488-493
- Karvonen T & Lehtimäki L. 2019. Flow-independent nitric oxide parameters in asthma: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Breath Research* 13(4):044001.
- Kesanurm K. 2015. Välisõhu kvaliteedi ning põlevkivisektoriga kaasnevate saasteainete heitkoguste hindamine Ida- ja Lääne -Virumaal. Tallinn: Eesti Keskkonnauuringute Keskus.
- Kohv N, Heintalu H, Mandel E, Link A. 2018. Estonian Informative Inventory Report 1990-2016. Tallinn: Estonian Environment Agency.
- Kurt OK, Zhang J, Pinkerton KE. 2016. Pulmonary health effects of air pollution. *Current Opinion in Pulmonary Medicine* 22(2):138-143.
- Maasikmets M, Teinemaa E, Saare K, Vainumäe K, Arumäe T, Palu M. 2014. Välisõhu kvaliteedi, lõhnahäiringu ja saasteainete heitkoguste hindamine IdaVirumaal Sillamäe linnas ja Vaivara piirkonnas. Tallinn: Eesti Keskkonnauuringute Keskus.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, ... ATS/ERS Task Force. 2005. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal* 26(2):319-338.
- OECD. 2017. OECD Environmental Performance Reviews: Estonia 2017, OECD Environmental Performance Reviews. Paris: OECD Publishing.

- Orru H. 2014. Valdkondlike stsenaariumidega eeldatavalt kaasneva õhusaaste põhjustatud tervisemõju muutuste hindamine kasutades saaste-indikaatorina ülipeente osakeste sisaldusi ENMAK 2030+ raames. Tallinn: Arengufond.
- Orru K, Hendrikson R, Nordlund A, Nutt N, Veber T, Orru H. 2015. Keskkonnatervis : arusaamine riskidest ja motivatsioon tervisemõjude vähendamiseks. Tallinn, Tartu: Terviseamet, Tartu Ülikool.
- Orru H, Idavain J, Pindus M, Orru K, Kesanurm K, Lang A, Tomasova J. 2018a. Residents' self-reported health effects and annoyance in relation to air pollution exposure in an industrial area in Eastern-Estonia. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15(2):252.
- Orru K, Nordin S, Harzia H, Orru H. 2018b. The role of perceived air pollution and health risk perception in health symptoms and disease: a population-based study combined with modelled levels of T410. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 91(5):581-589.
- Patel SP, Järvelin M-R, Little MP. 2008. Systematic review of worldwide variations of the prevalence of wheezing symptoms in children. *Environmental Health* 7:57.
- Puura E, Kaasik M, Orru H. 2014. ExternE ja EcoSense'i väliskulude arvestamise meetodikate rakendatavus Eesti põlevkivitööstuse mõjude hindamiseks Ida-Virumaal SO₂ õhusaaste näitel. Tartu: Tartu Ülikool.
- Rice MB, Rifas-Shiman SL, Litonjua AA, Oken E, Gillman MW, Kloog I, ... Gold DR. 2016. Lifetime exposure to ambient pollution and lung function in children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 193(8):881-888.
- Saare K, Kabral N, Maasikmets M, Teinemaa E. 2019. Välisõhu kvaliteedi seire 2018. Tallinn: Eesti Keskkonnauuringute Keskus.
- Tartu Ülikool & Terviseamet. 2015. Põlevkivisektori tervisemõjude uuring. Sisukokkuvõte. Tartu, Tallinn: Tartu Ülikool, Terviseamet
- Teinemaa E, Maasikmets M, Kesanurm K, Vainumäe K, Kabral N, Ebbe A. 2012. Kompleksne välisõhu kvaliteedi uuring ja modelleerimine Kiviõli linnas ja emissiooni mõõtmise Kiviõli Keemiatööstuse OÜ põhilistest saasteallikatest. Tallinn: Eesti Keskkonnauuringute Keskus.
- Teinemaa E, Maasikmets M, Saare K, Vill M, Paju M. 2018. Õhukvaliteedi andmete kogumine ja aruandlus: 2017-2018 a. – Kiviõli mõõtmised. Tallinn: Eesti Keskkonnauuringute Keskus.
- TTÜ, 2015. Eesti põlevkivitööstuse aastaraamat 2014. TTÜ Virumaa Kolledži Põlevkivi Kompetentsikeskus, Eesti Energia, Viru Keemia Grupp, Kiviõli Keemiatööstus.
- Vasar M, Julge K, Kivivare M, Otter K. 2011. Regional differences in diagnosing asthma and other allergic diseases in Estonian schoolchildren. «Медицина» 47(12):661-666.
- WHO. 2013. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report. Bonn: World Health Organization.

РИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Вопросник исследования



TERVISEAMET

ВОПРОСНИК ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЗАБОЛЕВАНИЙ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ И АЛЛЕРГИИ, А ТАКЖЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ УЧЕНИКОВ

Для совместного заполнения родителей с детьми



Поддерживает Центр инвестирования в окружающую среду

Ув. Родитель/опекун

Приглашаем Вас принять участие в исследовании, которое является частью проекта «Разработка и применение методики по выявлению взаимосвязей состояния окружающего воздуха в зоне действия сланцевого бассейна с астмой и другими аллергическими заболеваниями в детском возрасте – METRAK», рассматривающем здоровье детей в регионах действия сланцевого бассейна.

Если Вы согласны принять участие в опросном исследовании о заболеваниях дыхательных путей, аллергиях и среде обитания школьников, то просим Вас заполнить данный вопросник.

Лучше всего было бы заполнять вопросник вместе с ребёнком. Кроме вопросов о здоровье ребёнка часть вопросов касается Вас и среды, в которой проживает и работает Ваша семья.

Если Вы согласны участвовать, то отправьте, пожалуйста, заполненный вопросник в заклеенном конверте обратно в школу. Вопросники будут рассматриваться анонимно и все собранные данные будут использованы только в научных целях.

ДОМОХОЗЯЙСТВО

1. Напишите, пожалуйста, сегодняшнюю дату (день/месяц/год)/...../.....

2. Вопросник заполняет:

Мать

Отец

Опекун, некто другой (уточните, пожалуйста)

.....

3. Наименование школы Вашего ребёнка:

.....

4. Напишите, пожалуйста, дату рождения (день/месяц/год)...../...../..... ребёнка

5. Ваш ребёнок Мальчик Девочка

6. Национальность Вашего ребёнка?

Эстонец(ка)

Русский(ая)

Другая (уточните, пожалуйста)

.....

7. Возраст родителей (полных лет):

Мать лет

Отец лет

8. Образование

Мать

Отец

Опекун, некто другой

• Меньше основного

• Основная школа

• Профтехучилище

• Средняя школа/гимназия

• Прикладное высшее образование/университет

9. Работа	Мать	Отец	Опекун, некто другой
• Работаю в сланцевом секторе	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Работаю в другом секторе	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Безработный(ая)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Пенсионер	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• С недостатками здоровья	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Если Вы работаете или когда-то работали в сланцевом секторе, то как долго и на какой должности?

Мать: лет,.....
(должность)

Отец:лет,.....
(должность)

11. Сколько членов в Вашем домохозяйстве*? членов

*Домохозяйство - группа людей, проживающих на общей площади, совместно пользующихся денежными и/или продуктовыми ресурсами

12. Какой, в среднем, нетто-доход в месяц был в Вашем домохозяйстве за последний год?
(зарплата, пособия, пенсия, доходы от предпринимательства и др.)

Менее 500 €	500-999 €	1000-1499 €	1500-1999 €	2000-2999 €	Свыше 3000 €
<input type="checkbox"/>					

ИНФОРМАЦИЯ О ДВУХ ПЕРВЫХ ГОДАХ ЖИЗНИ РЕБЁНКА

13. У Вашего ребёнка в первые два года жизни были следующие заболевания?

	Нет	Да	Не знаю
Воспаление лёгких	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Бронхит	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Астматический/обструктивный бронхит	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Бронхиолит/РСВ (респираторно-синцитиальный вирус) –инфекция	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СВИСТЯЩЕЕ ДЫХАНИЕ

14. У Вашего ребёнка было когда-нибудь свистящее дыхание или свисты в груди?

Нет Да ЕСЛИ «НЕТ», ТО ПЕРЕХОДИТЕ К ВОПРОСУ 21

По каким причинам:.....

15. Сколько приступов нехватки воздуха было у Вашего ребёнка в последние 12 месяцев?

<input type="checkbox"/> Ни одного	<input type="checkbox"/> От 1 до 3
<input type="checkbox"/> От 4 до 12	<input type="checkbox"/> Более 12

16. Как часто сон Вашего ребёнка нарушало свистящее дыхание в последние 12 месяцев?

- Ни разу не просыпался(ась) от свистящего дыхания
- Менее трёх ночей за последние 12 месяцев
- Менее чем одну ночь в течение месяца
- От одной до трёх ночей в течение месяца
- Одну и более ночей в течение недели

17. В течение последних 12 месяцев было ли свистящее дыхание настолько серьёзным, что ребёнок мог произнести одно-два слова между вдохами?

- Нет Да

18. В течение последних 12 месяцев свистящее дыхание появлялось вместе с простудой или вирусом?

- Только при простуде или с вирусом
 Только без простуды или вируса
 В обоих случаях – как при простуде и вирусе, так и без них

19. В течение последних 12 месяцев у Вашего ребёнка были слышны хрипы в лёгких/свистящее дыхание во время физической нагрузки или после неё?

- Нет Да

20. Насколько в течение последних 12 месяцев свистящее дыхание влияло на качество жизни Вашего ребёнка в следующих случаях?

	Нет	Чуть-чуть	Умеренно	Очень
Занятия спортом/физические действия	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Посещение школы	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ночной сон	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

КАШЕЛЬ

21. В течение последних 12 месяцев у Вашего ребёнка были ночью случаи сухого кашля, не связанного с простудой или вирусом?

- Нет Да ЕСЛИ «НЕТ», ТО ПЕРЕХОДИТЕ К ВОПРОСУ 23

22. У Вашего ребёнка был сухой кашель в большей части дней (4 или более дней в неделю), который не был связан с простудой?

- Нет Да, 1-2 месяца в год
 Да, менее 1 месяца в год Да, 3 и более месяцев в год

23. У Вашего ребёнка отходила мокрота в большинстве дней (4 или более дней в неделю) при кашле, который не был связан с простудой?

- Нет Да, 1-2 месяца в год
 Да, менее 1 месяца в год Да, 3 и более месяцев в год

БРОНХИТ И ВОСПАЛЕНИЕ ЛЁГКИХ

24. В течение последних 12 месяцев у Вашего ребёнка был острый бронхит*?

- Нет Да

**признаками острого бронхита является кашель и сильное выделение мокроты*

25. У Вашего ребёнка был когда-нибудь хронический бронхит*?

Нет Да

**бронхит считается хроническим, если у ребёнка наблюдается кашель с выкашливанием мокроты по меньшей мере в течение трёх месяцев два года подряд, а другие заболевания дыхательных органов исключены. Признаками хронического бронхита являются постоянное выкашливание мокроты, сопровождающееся сильными и мучительными приступами кашля*

26. Вашему ребёнку диагностировали когда-нибудь воспаление лёгких?

Нет Да

АСТМА

27. Вашему ребёнку диагностировали астму?

Нет Да ЕСЛИ «НЕТ», ТО ПЕРЕХОДИТЕ К ВОПРОСУ 32

28. Ваш ребёнок использует сейчас (в течение последних 12 месяцев) какие-либо противоастматические препараты (*ингалятор/аэрозоли или таблетки*)?

Нет Да Если да, то какие из этих препаратов:

Ventolin

Flixotide

Symbicort

Pulmicort

Seretide

Monkasta/Montelukast

Другое

29. У Вашего ребёнка были когда-нибудь приступы астмы*?

Нет Да ЕСЛИ «НЕТ», ТО ПЕРЕХОДИТЕ К ВОПРОСУ 32

**приступ астмы – резко появившиеся изменения в симптомах астмы, мешающие нормальной рутине ребёнка и требующие либо дополнительных лекарств, либо другого вмешательства, чтобы ребёнок мог нормально дышать. Симптомами являются кашель или одышка/пыхтение или то и другое вместе с затруднением дыхания. Одышка/пыхтение могут быть столь серьёзными, что не даёт ребёнку вымолвить более одного-двух слов между двумя вдохами.*

30. В каком возрасте был первый приступ астмы*?.....

31. В каком возрасте был последний приступ астмы?

АЛЛЕРГИЯ

32. У Вашего ребёнка были проблемы с чиханием или капающим/заложенным носом, что НЕ БЫЛО связано с простудой или вирусным заболеванием?

В течение жизни Нет Да

В течение последних 12 месяцев Нет Да

33. В течение последних 12 месяцев у Вашего ребёнка были проблемы с носом, причём глаза чесались и слезились?

Нет Да ЕСЛИ «НЕТ», ТО ПЕРЕХОДИТЕ К ВОПРОСУ 35

34. В каком месяце в течение последних 12 месяцев у Вашего ребёнка были проблемы с носом, причём глаза чесались и слезились? (Пожалуйста, отметьте все подходящие ответы)

Январь Февраль Март Апрель
 Май Июнь Июль Август
 Сентябрь Октябрь Ноябрь Декабрь

35. У Вашего ребёнка были следующие виды аллергии:

35.1. Сенная лихорадка (поллиноз, аллергия на цветочную пыльцу)

Нет
 Да Если «Да», то это подтвердил врач? Нет Да

35.2. Аллергия на кошек

Нет
 Да Если «Да», то это подтвердил врач? Нет Да

35.3. Аллергия на собак

Нет
 Да Если «Да», то это подтвердил врач? Нет Да

35.4. Аллергия на пылевых клещей

Нет
 Да Если «Да», то это подтвердил врач? Нет Да

35.5. Аллергия на какие-нибудь продукты

Нет
 Да Если «Да», то это подтвердил врач? Нет Да

36. В Вашей семье были проблемы с аллергией?

Нет Да Не знаю

Если «Да», то отметьте всё, что подходит:

	Отец	Мать	Братья-сёстры	Дедушки-бабушки
Астма	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Симптомы аллергического насморка	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Атопический дерматит/экзема	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

37. У Вашего ребёнка была зудящая сыпь, которая длилась (пропадала и вновь появлялась) по меньшей мере в течение 6 месяцев?

Нет Да ЕСЛИ «НЕТ», ТО ПЕРЕХОДИТЕ К ВОПРОСУ 44

38. В каком возрасте впервые появилась эта зудящая сыпь?

Раньше 2 лет В возрасте 2–4 лет В возрасте 5 лет и старше

39. В течение последних 12 месяцев у Вашего ребёнка появлялась зудящая сыпь?

Нет Да

40. Появлявшаяся в течение последних 12 месяцев зудящая сыпь захватила/повредила кожу: на локтевых сгибах, на сгибах под коленками, на передней части лодыжек, нижняя часть ягодиц, а может на шее или за ушами, вокруг глаз/ на веках?

Нет Да

41. Исчезала ли эта сыпь полностью на некоторое время в течение последних 12 месяцев?

Нет Да

42. Как часто, в среднем, в течение последних 12 месяцев Ваш ребёнок не мог заснуть ночью из-за зудящей сыпи?

- Такого не было ни разу за последние 12 месяцев
 Менее одного раза в течение недели
 Один или более раз за неделю

43. У Вашего ребёнка был когда-нибудь атопический дерматит/экзема*?

Нет Да

** Атопический дерматит/ экзема – это кожное заболевание, характеризующееся воспалёнными, то обостряющимся, то затихающими зудящими высыпаниями, которые с годами могут проявиться в других местах*

44. Вашему ребёнку был диагностирован хронический насморк*?

Нет Да

**Для хронического насморка характерны длительные жидкие выделения из носа, чихание и заложенность носа, но аллергия не диагностирована*

45. У Вашего ребёнка имеются серьёзные проблемы со здоровьем (в т.ч. не с дыхательными путями)?

Нет Да

Если «Нет», уточните, пожалуйста:

46. Как Вы оцениваете общее состояние здоровья своего ребёнка?

Очень хорошее	Хорошее	Среднее	Плохое	Очень плохое
<input type="checkbox"/>				

СРЕДА ЖИЛИЩА И ВНЕШНЯЯ СРЕДА

47. Где Вы живёте?

В частном доме	В рядном доме	В квартире	Другое
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

48. С какого времени Вы стали жить в этом жилье? С года

49. Укажите, пожалуйста, нынешний домашний адрес Вашего ребёнка (данная информация поможет установить степень влияния загрязнения домашней среды на здоровье детей Ида-Вирумааского региона, как, например, удалённость от промышленных предприятий, моделирование содержания загрязнённости воздуха)

.....

50. Как отапливается Ваше жилище?

Центральное отопление	Печное отопление	Электрорадиаторы, воздушный тепловой насос и др.	Собственное локальное отопление:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Дрова, уголь и пр. <input type="checkbox"/>
			Горючие масла, газ, тепловой насос и пр. <input type="checkbox"/>

51. Какую воду для питья Ваша семья употребляет ежедневно?

- Воду из центрального водопровода
- Воду из собственной скважины
- Воду из собственного колодца
- Кипячённую воду
- Привозят в канистрах
- Бутилированную воду, купленную в торговой сети

51.1. Если Вы употребляете бутилированную воду, то причина этому:

- У воды из крана плохой вкус и запах
- Больше нравится бутилированная вода
- Другая причина:

52. В Вашей семье, где проживает Ваш ребёнок, когда-нибудь курили?

	Мать	Отец	Бабушки-дедушки	Опекун, некто другой
Нет	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Да, на сегодня каждый день	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Да, на сегодня иногда	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Да, раньше курил	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

53. Если «Да», то в этом доме курят в комнате/во внутренних помещениях?

- Нет, никогда
- Да, иногда (1–3 раза в месяц)
- Да, часто (1–4 раза в неделю)
- Да, каждый день

54. В Вашем доме в течение последних 12 месяцев встречалось что-либо из предложенного ниже списка?

54.1. Протечки или затопления на стенах, полу или потолке во внутренних помещениях

- Нет
- Да

54.2. Пузыри или желтые пятна на пластиковом покрытии пола или чёрные пятна на паркете

Нет Да

54.3. Видимая плесень на стенах, полу или потолке во внутренних помещениях

Нет Да

55. В последние 10 лет Вы замечали в своём жилище признаки сырости, протечки или плесени?

Нет Да

56. Вы слышите в своей спальне ...

	Нет	Слегка	Много	Очень много
... промышленный шум?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... уличный шум?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

57. Насколько Вас беспокоит загрязнённость воздуха (транспорт, промышленные предприятия и пр.), когда Вы открываете окно? *Пожалуйста, обведите кружком только один вариант ответа.*

<i>Совсем не беспокоит</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>Невыносимо беспокоит</i>
-----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	------------------------------------

58. Какую опасность несёт с собой загрязнение воздуха ...

	Очень маленькая	Маленькая	Средняя	Большая	Очень большая
... для своего здоровья?aaa	<input type="checkbox"/>				
... для здоровья своей семьи и/или здоровья близких?aa	<input type="checkbox"/>				

59. Вам приходилось в течение последних 4 недель?...

	Никогда	Редко	Часто	Постоянно
Чувствовать в воздухе неприятный запах	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Чувствовать в помещениях неприятный запах	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Замечать в воздухе смог или дымок	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Беспокоиться о своём здоровье	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Думать, что качество жизни ухудшается из-за загрязнения воздуха	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Изменить своё свободное времяпрепровождение так, чтобы не касаться загрязнения воздуха	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Избегать нахождение на улице	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Проветривать помещения	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Избегать открывания окон	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Применять дома освежитель воздуха	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Испытывать потребность вымыть руки и лицо	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Задумываться о перемене места жительства	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

60. Отметьте, пожалуйста, что из нижепредложенного, по Вашему мнению, является в Ида-Вирумаа причиной заболеваний, вызванных неблагоприятной средой обитания? *Выберите, пожалуйста, только один ответ.*

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Шум (транспорт, промышленность и др.) | <input type="checkbox"/> Загрязнённая пища |
| <input type="checkbox"/> Опасности в рабочей среде | <input type="checkbox"/> Химикаты в изделиях |
| <input type="checkbox"/> Излучение | <input type="checkbox"/> Загрязнение воздуха |
| <input type="checkbox"/> Токсические отходы | <input type="checkbox"/> Не знаю, затрудняюсь ответить |
| <input type="checkbox"/> Загрязнённая питьевая вода | |

61. Насколько, по Вашему мнению, влияет соприкосновение с промышленным загрязненным воздухом на...?

Отметьте, пожалуйста, в каждом ряду только один вариант ответа.

	Не влияет	Немного	Средне	Сильно	Очень сильно
На возникновение аллергии, в т.ч. насморка от сенной лихорадки	<input type="checkbox"/>				
На возникновение астмы	<input type="checkbox"/>				
На возникновение хронического обструктивного заболевания лёгких	<input type="checkbox"/>				
На возникновение раковых новообразований	<input type="checkbox"/>				
На возникновение сердечно-сосудистых заболеваний	<input type="checkbox"/>				
На ожидаемую продолжительность жизни	<input type="checkbox"/>				

62. В течение последнего года Вы предпринимали повторно следующие действия, чтобы уменьшить соприкосновение своё собственное и членов своей семьи с промышленным загрязнением? *Отметьте, пожалуйста, все подходящие варианты ответов.*

- Избегали открывать окна при езде на автомобиле
- Избегали открывать окна дома/на работе
- Уменьшали вентиляцию в автомобиле или включали внутреннюю циркулирующую вентиляцию салона
- Использовали дома/на работе очиститель воздуха
- Избегали пребывания на улице
- Вместо пешей ходьбы или езды на велосипеде выбирали езду на автомобиле или общественном транспорте
- Выбирали наименее загрязнённые пути для передвижения
- Другое, пожалуйста, уточните _____
- Нет, я не делал(а) ничего из вышеназванного

63. Насколько Вас беспокоит, в общем, влияние на Вас или Вашу семью рисков для здоровья, исходящих из среды обитания? *Обведите, пожалуйста, только один вариант ответа.*

Я совсем не беспокоюсь 1 2 3 4 5 **Я очень беспокоюсь**

БЛАГОДАРИМ ВАС ЗА ОТВЕТЫ!

Приложение 2. Письмо родителю ребенка и форма информированного согласия



TERVISEAMET

Уважаемый родитель!

Данным приглашаем Вашего ребёнка участвовать в исследовании «Разработка и применение методики по выявлению взаимосвязей состояния окружающего воздуха в зоне действия сланцевого бассейна с астмой и другими аллергическими заболеваниями в детском возрасте – METRAK”.

Целью исследования является разработка методики, которая позволит лучше оценить взаимосвязи окружающей среды и состояния здоровья ребёнка в регионах действия сланцевого бассейна. В это исследования здоровья приглашаются ученики 3-х и 4-х классов Ида-Вирумааских школ, расположенных в наиболее загрязнённых сланцеперерабатывающих регионах Эстонии.

Среди вовлечённых в исследование школьников из Ида-Вирумаа и их родителей будет проводиться опрос (вопросник надо будет заполнить дома вместе с ребёнком), исследование здоровья и замеры загрязнённости окружающего воздуха.

Вопросники были розданы ученикам в школе в закрытых конвертах. Просим заполнить вопросники дома вместе с ребёнком. На заполнения вопросника понадобится примерно 20 минут. Заполненный вопросник в заклеенном конверте просим переслать с ребёнком обратно в школу.

При желании Ваш ребёнок может принять участие в следующих исследованиях здоровья:

- Спирометрия или определение объёма лёгких
- Определение уровня окиси азота в выдыхаемом воздухе
- Определение аллергической сверхчувствительности по анализу крови

Подробное описание исследования здоровья приведено в Приложении 1. Исследования будут проводиться во время уроков в школе, где учится Ваш ребёнок, с декабря 2018 до февраля 2019.

Участие во всех исследованиях является добровольным.

Если Вы желаете, чтобы Ваш ребёнок участвовал только в виде заполнения вопросника и не участвовал в клинических исследованиях, то просим на это Вашего отдельного согласия. Для обеспечения защиты деликатных личных данных каждому ребёнку будет присвоен уникальный код.

Все публикуемые результаты исследования будут представлены только на уровне группы, например, средние значения по школе. Каждый ребёнок получит индивидуальную обратную связь после проведения спирометрии и определения содержания фракционированной окиси азота (FeNO) в выдыхаемом воздухе. Для получения более подробных результатов своего ребёнка Вы сможете обратиться к врачу-преподавателю Кая Юлге, проводящей исследование здоровья.

В случае, если Вы согласны принять участие в проведении клинических исследований, то подпишите, пожалуйста, форму согласия (Приложение 2). Подписанную форму согласия вместе с вопросником просим вернуть в школу в течение одной недели.

С уважением

Члены исследовательской команды METRAK

По всем вопросам просим обращаться:

По вопросникам

Ханс Орру

Доцент кафедры здоровья окружающей среды института семейной медицины и общественного здоровья Тартуского университета

hans.orrut@ut.ee

737 4203

По вопросам исследования здоровья

Кая Юлге

Аллерголог-пульмонолог

Детская клиника института клинической медицины Тартуского университета

kaja.julge@kliinikum.ee

731 9594

Приложение 1. Описание исследования о состоянии здоровья учеников

Оценивание состояния здоровья учеников проводится на основании тестов спирометрии, определения содержания уровня окиси азота в выдыхаемом воздухе и аллергической сверхчувствительности. Исследования в школах проводятся сотрудниками детской клиники института клинической медицины Тартуского университета в медицинском кабинете школы. Детей будут исследовать во время уроков, по одному и исследование займёт примерно 15 минут.

Спирометрия представляет собой исследование, которое измеряет объём воздуха в лёгких во время выдоха и скорость его движения в дыхательных путях. Объём размера легких по сравнению с нормативными значениями позволяет оценить наличие и выраженность дыхательной недостаточности. Если скорость воздуха в дыхательных путях снижена, то, как правило, имеем дело с сужением бронхов. В детском возрасте причиной этого является бронхиальная астма и во взрослом возрасте - астма или обструктивное заболевание лёгких.



Спирометрия – неинвазивное исследование. Для того, чтобы сделать глубокий и продолжительный выдох, испытуемый прежде всего равномерно и спокойно дышит пару раз через мундштук спирометра, затем делает глубокий вдох и в течение 1 сек максимальный выдох.

Исследование повторяется не менее трёх раз. Результаты регистрируются в виде цифровых значений, сравниваются с нормативными значениями и на основании этого выражаются в виде графика.

Определение содержания фракционированной окиси азота (FeNO) в выдыхаемом воздухе – современный и быстрый неинвазивный метод для оценивания аллергического воспаления дыхательных путей. Это исследование помогает врачу в постановке диагноза астмы, назначении лечения и оценке результатов лечения.



С помощью аппарата NIOX VERO производства шведской фирмы Aerocrine исследования можно проводить уже с 5-6-летнего возраста. Предварительным условием является необходимость, чтобы пациент мог хотя бы в течение 6 секунд равномерно дышать через

мундштук аппарата, который регистрирует содержание окиси азота в выдыхаемом воздухе. В Эстонии нормативным значением является содержание ниже 15 ppb (*parts per billion*). Данное исследование проводится в аллергическом центре детской клиники Тартуского университета ежедневно.

Кровь для проведения анализа на аллергию тестом IgE – метод, при котором у ученика берут 5 мл крови из вены. Кровь будет брать сотрудник детской клиники института клинической медицины Тартуского университета в медкабинете школы. В крови каждого ребёнка определяют содержание Общего-IgE и аллерген-специфические IgE-антитела. С помощью Общего-IgE теста оценивается наличие всех возможных аллергий у ребёнка, с помощью аллерген-специфических тестов выявляется наличие наиболее часто встречающихся аллергий у детей (пылевые клещи, кошки, собаки, плесень, цветочная пыльца). Анализ крови проводится в Объединенной лаборатории Клиники Тартуского университета и после проведения анализа образец взятой крови будет уничтожен. На содержание IgE в крови влияют возраст человека, генетическая предрасположенность, иммунный статус, время года, факторы окружающей среды, паразиты и некоторые заболевания.



TERVISEAMET

Ув. ученик 3 или 4 класса!

Приглашаем Тебя участвовать в исследовании, которое поможет оценить влияние плохого воздуха на здоровье детей. Мы проводим это исследование во многих школах Ида-Вирумааского региона. Заполнение вопросника добровольное.

К первой части исследования у нас есть вопросник, где мы спрашиваем Тебя о здоровье Твоих дыхательных путей и о том, как живёт Твоя семья. Этот вопросник Ты получишь в школе в закрытом конверте. Пожалуйста, отнеси этот конверт домой и заполни дома вместе с родителями. Просим Тебя принести заполненный вопросник в заклеенном конверте обратно в школу и отдать в руки учителю.

После этого мы приглашаем Тебя поучаствовать в исследовании, которое проводится у доктора. Все эти исследования будут проходить в Твоей школе в течение одного урока. Доктор проверит, как хорошо проходит воздух по Твоим дыхательным путям. Для этого мы попросим Тебя глубоко вдохнуть и затем быстро выдохнуть в аппарат, который называется спирометром. Такое испытание делается три раза. Во-вторых, мы выясним, нет ли у Тебя в дыхательных путях аллергического воспаления. Для этого мы попросим Тебя подуть в другой прибор, который называется NIOX VERO. Нам хотелось бы взять у Тебя кровь из вены, чтобы выяснить в лаборатории, нет ли у Тебя какой-нибудь аллергии.

Если Тебе не нравятся осмотр у врача и проведение исследования, то Ты можешь просто заполнить вопросник.

Для того, чтобы оставаться здоровым, полезно знать, как воздух влияет на наше здоровье. Поэтому просим Тебя принять участие в нашем исследовании.

Спасибо!

Научный сотрудник Ханс Орру и детский врач Кая Юлге из Тартуского университета

Приложение 4. Местонахождения пассивных пробоотборников, периоды измерения и полученные концентрации

Таблица L1. Концентрации бензола и фенола

Пассивные пробоотборники			
Местонахождение	Период	Бензол, мкг/м ³	Фенол, мкг/м ³
<i>Кивиылиская 1-я средняя школа</i>	07.02.2019 – 07.03.2019	0,19	0,72
<i>Кивиылиская русская школа</i>	07.02.2019 – 07.03.2019	0,09	0,71
<i>Люганузеская средняя школа</i>	07.02.2019 – 07.03.2019	0,16	0,74
<i>Кохтла-Ярвеская станция мониторинга</i>	07.02.2019 – 07.03.2019	1,57	0,77
<i>Кохтла-Ярвеская Ярвеская гимназия</i>	07.02.2019 – 07.03.2019	0,19	0,76
<i>Кохтла-Ныммеская гимназия</i>	07.02.2019 – 07.03.2019	0,17	0,73
<i>Йыхвиская русская основная школа</i>	07.02.2019 – 07.03.2019	0,12	0,69
<i>Йыхвиская эстонская основная школа</i>	07.02.2019 – 07.03.2019	0,11	0,76
<i>Ахтмеская гимназия</i>	07.02.2019 – 08.03.2019	1,13	0,65
<i>Мяэтагузеская основная школа</i>	07.02.2019 – 08.03.2019	0,13	0,69
<i>Ийзакуская гимназия</i>	07.02.2019 – 08.03.2019	0,13	0,79
<i>Тойлаская гимназия</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	0,14	0,85
<i>Силламяэская Ваналиннская школа</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	0,83	0,78
<i>Силламяэская эстонская основная школа</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	0,14	0,72
<i>Синимяэская основная школа</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	0,84	0,81
<i>Нарва-Йыэсууская средняя школа</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	1,12	0,73
<i>Нарвский языковой лицей</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	1,02	0,64
<i>Нарвская станция мониторинга</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	0,16	0,68
<i>Нарвская Кренгольмская гимназия</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	0,12	0,69
<i>Нарвская гимназия Сольдино</i>	08.02.2019 – 07.03.2019	0,71	0,89

Таблица L2. Концентрации формальдегида

Пассивные пробоотборники					
Местонахождение	Период 1	Форм-альдегид <i>Aquaria</i> , мкг/м ³	Период 2	Форм-альдегид <i>Radiello</i> , мкг/м ³	Форм-альдегид <i>Aquaria</i> , мкг/м ³
<i>Кивиылиская 1-я средняя школа</i>	28.02.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	1,19
<i>Кивиылиская русская школа</i>	28.02.2019-07.03.2019	<1*			
<i>Люганузеская средняя школа</i>	28.02.2019-07.03.2019	<1*			
<i>Кохтла-Ярвеская станция мониторинга</i>	28.02.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	< 1 *
<i>Кохтла-Ярвеская Ярвеская гимназия</i>	28.02.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	-
<i>Кохтла-Ныммеская гимназия</i>	28.02.2019-07.03.2019	<1*			
<i>Йыхвиская русская основная школа</i>	28.02.2019-07.03.2019	<1*			
<i>Йыхвиская эстонская основная школа</i>	28.02.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	0,84
<i>Ахтмеская гимназия</i>	01.03.2019-08.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	-
<i>Мяэтагузеская основная школа</i>	01.03.2019-08.03.2019	<1*			
<i>Ийзакуская гимназия</i>	01.03.2019-08.03.2019	<1*			
<i>Тойлаская гимназия</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	-
<i>Силламяэская Ваналиннаская школа</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	< 1 *
<i>Силламяэская эстонская основная школа</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*			
<i>Синимяэская основная школа</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	
<i>Нарва-Йыэсууская средняя школа</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*			
<i>Нарвский языковой лицей</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	
<i>Нарвская станция мониторинга</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*	03.07.2019-10.07.2019	<1*	0,89
<i>Нарвская Кренгольмская гимназия</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*			
<i>Нарвская гимназия Сольдино</i>	01.03.2019-07.03.2019	<1*			

* результат ниже предела определения, мкг/м³.