УДК 502.17(1/9)

Регион: экономика и социология, 2017, № 2 (94), с. 287–307

О.П. Бурматова, Т.В. Сумская

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

В статье предложен подход к учету количественных зависимостей между заболеваемостью населения и состоянием природной среды в районе размещения крупных тепловых электростанций. Его практическая реализация на данных по Лесосибирскому промышленному узлу Нижнего Приангарья позволила установить количественные зависимости между заболеваемостью детского населения и влияющими на нее факторами. Выполнен расчет рассеивания вредных выбросов в зависимости от климатических условий, размещения производственных объектов и характеристик выбросов на исследуемой территории. Проведенные вариантные расчеты по определению концентраций вредных веществ на территории с учетом изменений условий очистки выбросов предприятий теплоэнергетики позволили сделать вывод о нецелесообразности размещения ТЭС заданной мощности в районе Нижнего Приангарья из-за возможного роста заболеваемости детского населения болезнями верхних дыхательных путей (до 260–280 случаев на 1 тыс. жителей в год).

Ключевые слова: здоровье населения; Нижнее Приангарье; загрязнение атмосферного воздуха; тепловые электростанции; климатические особенности территории

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ЛОГИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Среди факторов, негативно влияющих на здоровье людей, наибольшее значение приобретают факторы антропогенного характера. При этом одной из важных составляющих антропогенного воздействия на окружающую природную среду и влияния измененной среды на состояние здоровья людей, заболеваемость и продолжительность жизни является химическое загрязнение атмосферы (см., например, [2; 3; 6–8]). По данным ВОЗ, 22% утраченных лет здоровой жизни приходится на воздействие экологических факторов; более 5 млн детей умирают ежегодно в мире от причин, связанных с нездоровой средой обитания; на неблагоприятные экологические факторы приходится треть всего глобального бремени болезней; наиболее подвержены влиянию загрязнения окружающей среды дети до 5 лет; за последние 10 лет в Европе количество случаев заболевания астмой у детей увеличилось более чем в 2 раза [1; 4].

Проблема взаимосвязей между загрязнением окружающей среды и здоровьем населения относится к числу чрезвычайно сложных, многие ее аспекты до сих пор недостаточно проработаны из-за сложности взаимодействия различных факторов и трудностей идентификации факторов, вызывающих заболевания у людей. Среди таких аспектов можно отметить следующие: постоянный и повсеместный мониторинг окружающей среды и ее влияния на здоровье людей; исследование взаимодействия различных видов загрязняющих веществ (с учетом эффектов антагонизма, суммации и синергизма); разработка научно обоснованных комплексных показателей загрязнения окружающей среды; оценка влияния вредных веществ на отдельные органы, их системы и здоровье в целом в зависимости от концентраций и комбинаций загрязнений и разработка математического аппарата определения соответствующих количественных зависимостей; создание единой автоматизированной государственной системы хранения и обработки данных по загрязнению окружающей среды и состоянию здоровья населения.

Игнорирование взаимосвязей «окружающая природная среда – здоровье населения» при решении задач прогнозирования социально-экономического развития регионов может дать неправильную картину относительно возможностей территории при формировании новых хозяйственных комплексов и увеличении антропогенной нагрузки в старопромышленных районах. Особенно остро подобные проблемы стоят в Сибири, где, с одной стороны, велик потенциал освоения новых территорий, а с другой – снижены возможности восстановительных процессов в человеческом организме и различных природных системах.

В настоящем исследовании поставлена задача разработки подхода к установлению взаимосвязей между загрязнением окружающей среды и здоровьем населения при прогнозировании формирования локальной производственной системы. Для этого потребовалось

- выявить возможные факторные связи между заболеваемостью населения и загрязнением окружающей среды в районе размещения и функционирования крупных тепловых электростанций;
- предложить подход к установлению количественных зависимостей между заболеваемостью населения, климатическими особенностями территории и загрязнением окружающей среды;
- реализовать предлагаемый подход к определению взаимосвязей между заболеваемостью детей и выделенными факторами на материалах Лесосибирского промышленного узла;
- выполнить прогноз заболеваемости детского населения на рассматриваемой территории (с учетом рассеивания вредных веществ в атмосфере и с помощью расчета количественных зависимостей между исследуемыми факторами);
- выявить целесообразность размещения в районе Нижнего Приангарья объектов теплоэнергетики, работающих на золистых канско-ачинских углях, учитывая возможное влияние выбросов продуктов сгорания на здоровье людей;
- определить возможный вклад крупной ТЭЦ в загрязнение воздушного бассейна, а следовательно, и в ухудшение здоровья людей.

Логика выстраивания связей в системе «окружающая природная среда – здоровье населения» для целей анализа поставленных проблем показана на рис. 1.

Исходный пункт анализа – выбор производственных объектов и территории. В качестве производственных объектов рассматриваются объекты теплоэнергетики, работающие на угле, в качестве территории исследования – Лесосибирский промышленный узел в западной части Нижнего Приангарья (Красноярский край).

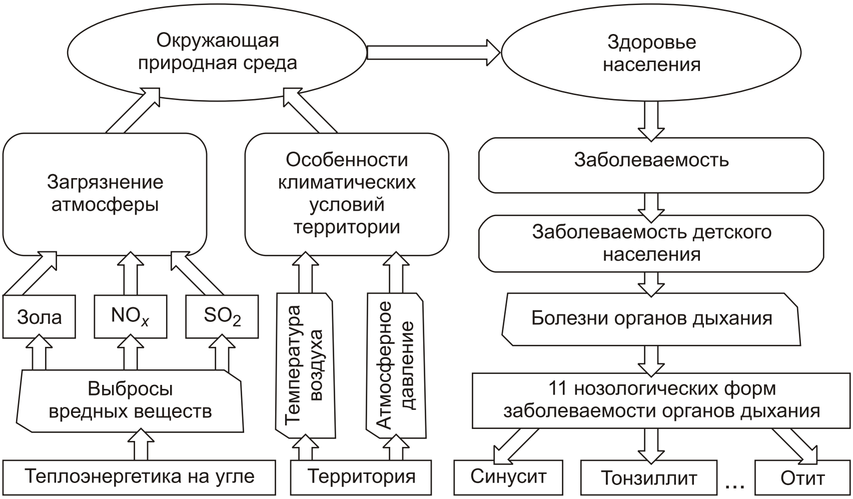
Окружающая природная среда
Здоровье населения
Загрязнение атмосферы
Особенности климатических условий территории
Заболеваемость
Заболеваемость детского населения
Болезни органов дыхания
Зола
NOx
SO2
Температура воздуха
Атмосферное давление
Выбросы вредных веществ
11 нозологических форм заболеваемости органов дыхания
Теплоэнергетика на угле
Территория
Синусит
Тонзиллит
...
Отит

Рис. 1. Логика выстраивания связей в системе «окружающая природная среда – здоровье населения» для целей их анализа

Теплоэлектростанции выбрасывают в атмосферу вредные вещества, среди которых преобладают зола, NO_x и SO_2. Поступление данных веществ в атмосферу сопровождается риском ее загрязнения и, соответственно, ухудшением качества окружающей природной среды.

Лесосибирский промышленный узел рассматривается с учетом климатических особенностей территории, которые могут влиять на состояние здоровья населения. К ним относятся, в частности, атмосферное давление и температура воздуха, которые также влияют на адаптационные способности окружающей природной среды. Кроме того, регион имеет высокий потенциал загрязнения атмосферы, что создает неблагоприятные условия для рассеивания загрязнений в атмосферном воздухе.

Одной из важных реакций состояния здоровья людей на загрязнение атмосферы является заболеваемость. В нашем анализе основное внимание сконцентрировано на заболеваемости только детского населения, а среди видов болезней рассматриваются болезни органов дыхания, которые сгруппированы в 11 нозологических форм заболеваемости дыхательных путей. Выбор для исследования зависимостей такого рода объясняется, во-первых, возросшими масштабами загрязнения воздушного бассейна, во-вторых, всеобщим характером влияния загрязненного воздуха на состояние здоровья людей[1] и, в-третьих, наибольшей изученностью этого вида зависимостей (главным образом его качественной стороны).

ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ УЗЕЛ КАК ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Попытка учета взаимосвязи состояния природной среды и здоровья населения при прогнозировании формирования промышленных узлов была предпринята на материалах Лесосибирского промузла, расположенного в Нижнем Приангарье.

В настоящее время в Нижнем Приангарье, главным образом в пределах Богучанского и Кодинского районов, реализуются крупные инвестиционные проекты. Наличие в этом регионе крупных запасов высококачественных лесных ресурсов в сочетании с благоприятными условиями водообеспечения позволяет рассматривать его как исключительно перспективную территорию для развития производств по глубокой химической переработке древесины, и прежде всего целлюлозно-бумажных и гидролизно-дрожжевых заводов. Здесь прогнозируется размещение целлюлозно-бумажного завода и ряда предприятий цветной металлургии, а также объектов газо- и нефтепереработки.

Такое направление экономического развития потребует создания мощной топливно-энергетической базы, и одним из вариантов может стать размещение в районе Лесосибирска крупных теплоэлектростанций, работающих на канско-ачинском угле. Размещение подобных объектов может сопровождаться риском загрязнения атмосферного воздуха выбросами, содержащими золу, окислы азота и диоксид серы, и их негативного воздействия на здоровье населения. Как правило, последствия воздействия выбросов теплоэлектростанций на здоровье людей весьма многообразны и могут вызывать различные нарушения в его состоянии, в том числе болезни органов дыхания (табл. 1).

---

[1] Болезни органов дыхания занимают первое место в структуре общей заболеваемости в мире, а удельный вес данной патологии составляет у взрослых 27,6%, у подростков – 39,9%, у детей – 61% [2; 7]. На загрязнение окружающей среды в первую очередь реагируют люди с заболеваниями дыхательных путей, в том числе астматики и лица с повышенной аллергической реакцией (URL: http://www.km.ru/zdorove/2012/09/14/istochniki-vrednogo-vozdeistviya-na-zdorove/692272-kazhdoe-pyatoe-zabolevanie-svy/). По оценкам экспертов, загрязнение атмосферного воздуха сокращает продолжительность жизни в среднем на 3–5 лет.

Таблица 1

Влияние выбросов теплоэлектростанций на здоровье населения

Основные виды загрязнения	Нарушения здоровья человека
Пыль, зола (содержащая свободную двуокись кремния и соединения практически всех металлов, в том числе мышьяка, ванадия, ртути, свинца)	Уменьшение вентиляционной способности и емкости легких. Повреждение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей. Фиброзные изменения в легких. Накопление в организме двуокиси кремния. Силикоз. Повышение смертности от рака легкого и кишечника. Раздражение и повреждение кожи
Сернистый ангидрид	Общее отравление организма, проявляющееся в изменении состава крови, поражении органов дыхания, повышении восприимчивости к инфекциям, нарушении обмена веществ, повышении артериального давления у детей. Ларингит, бронхит, конъюнктивит, ринит и ринофарингит, эмфизема, бронхопневмония, астма, аллергические реакции, острые заболевания верхних дыхательных путей и системы кровообращения. При кратковременном загрязнении слизистой оболочки глаз – слезотечение, затруднение дыхания, головные боли, тошнота, рвота. Повышение общей заболеваемости и смертности. Повышенная утомляемость, ослабление мышечной силы, снижение памяти, замедление восприятия, ослабление функциональной способности сердца, изменение бактерицидности кожи
Окислы азота	Резкое раздражение легких и дыхательных путей, возникновение в них воспалительных процессов, образование метгемоглобина, понижение кровяного давления
Сажа	Повышение заболеваемости раком легкого

Примечание: таблица составлена с использованием данных работ [7; 8].

Из таблицы 1 видно, что качественные связи «вид загрязнения – особенности нарушения здоровья» в большинстве случаев являются определенными и каждому виду загрязнения можно поставить в соответствие несколько конкретных нозологических форм заболеваемости и изменений в деятельности отдельных органов и систем организма. Этот пример типичен в том смысле, что, с одной стороны, теоретически определены и многократно практически подтверждены качественные изменения органов и систем организма вследствие воздействия отдельных видов загрязнения. С другой стороны, проблема установления количественных зависимостей между ухудшением здоровья и влияющими на него факторами является, на наш взгляд, более сложной и во многих исследованиях остается недостаточно раскрытой.

Выбор Лесосибирского промышленного узла в качестве территориального объекта исследования обусловлен тем, что на уровне данного промузла как относительно небольшого населенного пункта можно достаточно детально рассмотреть различные стороны жизнедеятельности населения на конкретной территории, включая здоровье людей и загрязнение окружающей среды. Кроме того, для исследования обозначенной проблемы именно на уровне промузла имеется ряд благоприятных предпосылок, состоящих в том, что каждый промузел охватывает, как правило, ограниченное число предприятий, расположенных в достаточно однородных природных условиях и характеризующихся однородной ситуацией с загрязнением атмосферы, что облегчает выделение наиболее типичных загрязнений, установление конкретных виновников загрязнения и количественную оценку последствий воздействия загрязнения на здоровье населения.

Из всех городов и районов Нижнего Приангарья Лесосибирский промузел характеризуется самым высоким потенциалом загрязнения атмосферы. Это связано с неблагоприятными метеорологическими условиями для рассеивания вредных примесей в воздушной среде, предопределяющими весьма высокую предрасположенность атмосферы к загрязнению. В частности, можно отметить такие местные особенности территории Лесосибирского промузла[2], как разнообразный рельеф местности, часто повторяющийся антициклональный тип погоды (особенно в зимний период), сопровождающийся слабыми ветрами и штилями (среднегодовая скорость ветра – 2,7 м/с) и формирующий предпосылки для возникновения температурных инверсий, а также частые туманы, неравномерное распределение осадков в течение года и другие неблагоприятные климатические условия, которые затрудняют рассеивание атмосферных загрязнений и создают возможность скопления в приземном слое атмосферы высоких концентраций вредных веществ[3].

Для решения поставленных в нашем исследовании задач предложен подход, суть которого состоит в поэтапном изучении проблемы, включая, во-первых, установление количественных зависимостей между заболеваемостью детского населения и факторами, влияющими на нее, во-вторых, построение карт рассеивания вредных выбросов на отдельной территории в зависимости от климатических условий, размещения объектов и характеристик выбросов и, в-третьих, на основе объединения полученных результатов определение вариантов прогноза заболеваемости детского населения.

ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ ЗДОРОВЬЕМ НАСЕЛЕНИЯ И СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Для анализа зависимостей между здоровьем населения и загрязнением окружающей природной среды широко используются математические методы, позволяющие определять количественные связи между отдельными показателями здоровья и отдельными факторами окружающей среды и оценивать достоверность полученных результатов. Для этого применяется модель множественной регрессии для стандартизованных данных:

---

[2] См.: *Генеральный* план г. Лесосибирска. Т.1: Пояснительная записка. Архитектурно-планировочное решение. – Красноярск, 2008; *Состояние* загрязнения объектов окружающей среды на территории Красноярского края, Республик Хакасия и Тыва в 2009 г.: Обзор. – Красноярск, 2010.

[3] Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) характеризуется сочетанием метеорологических факторов, обусловливающих рассеивающую способность атмосферы и, соответственно, уровень возможного загрязнения воздушного бассейна от источников выбросов в данном географическом районе. Чем благоприятнее метеорологические условия (лучше проветривание и т.п.), тем ниже ПЗА.

$$Z_j^{kl} = \sum_{i=i_1 \cup i_2} a_i^{kl} X_i(z_{ij}) + e_j^{kl}, \quad j = \overline{1,n}; k, l.$$

Здесь Z_j^{kl} – заболеваемость половозрастной группы k болезнями l-й нозологической формы в момент наблюдения j ($j = \overline{1,n}$); n – количество наблюдений ($n = 12$); l – индекс нозологической формы заболеваемости, $l = 1, 2, \ldots, 11$; $i = i_1 \cup i_2$, где i_1 – индекс вида загрязнения, $i_1 = 1, 2, 3$, (1 – зола, 2 – NO_x, 3 – SO_2), i_2 – индекс характеристики климата, $i_2 = 1, 2$ (1 – атмосферное давление, 2 – температура воздуха); $X_i(z_{ij})$ – заболеваемость, сформировавшаяся под воздействием включенных в уравнение факторов i в момент наблюдения j; z_{ij} – стандартизованные значения исходных данных: концентрация i_1-го вида загрязнения или численная характеристика климата (i_2); a_i^{kl} – параметры регрессионного уравнения; $k = k_М \cup k_Д$, где k – индекс половозрастной группы, $k_М$ – индекс половозрастной группы мальчиков, $k_Д$ – индекс половозрастной группы девочек, $k_М = 1, 2, \ldots, 8$, $k_Д = 9, 10, \ldots, 16$; e_j^{kl} – ошибка.

В качестве аналитической функции X_i, характеризующей форму связи между признаками, была принята логарифмическая функция как наиболее предпочтительная, по опыту предыдущих исследований, с точки зрения решения задачи установления количественных зависимостей между заболеваемостью населения и загрязнением окружающей природной среды.

Для оценок значимости регрессионных уравнений использовались: 1) коэффициенты частной и множественной корреляции; 2) коэффициент детерминации – частное от деления дисперсии, обусловленной регрессией (характеризует систематические отклонения от среднего значения), на полную дисперсию; 3) стандартная ошибка – частное от деления отклонений оценок от среднего значения на дисперсию; 4) F-критерий (критерий Фишера) – отношение факторной дисперсии к остаточной.

Следует отметить, что в значительной степени успех данного подхода зависит от отбора и теоретического обоснования переменных, введенных в анализ, от того, как исследован характер зависимости между переменными, который часто ошибочно принимается за линейный, а также от максимального расширения числа вводимых в анализ переменных. Эти важнейшие предпосылки нередко оказываются нарушенными, что может приводить к неадекватному отражению характера связи между здоровьем людей и состоянием окружающей среды.

Необходимо отметить, что в отличие от обычной практики, когда в качестве факторов влияния выделяются среднегодовые концентрации загрязняющих веществ, в нашем случае рассматриваются среднемесячные концентрации. Среднегодовые показатели, на наш взгляд, не отражают внутригодовые изменения концентраций, которые также влияют на здоровье. Поэтому включение их в анализ снижает точность получаемых моделей. В нашем исследовании внутригодовые изменения концентраций различных видов загрязнений учитывались путем установления месячной периодизации. Месяц, безусловно, является более однородным периодом, чем год, и это позволяет надеяться на получение достоверного результата в определении количественных зависимостей между состоянием окружающей среды и обусловленной им заболеваемостью людей. Поэтому ряды, охватывающие большие периоды времени (в данном случае – год), расчленяются на такие, которые объединяют лишь однокачественные периоды развития совокупностей, характеризующиеся одним законом (закономерностью) развития. Мы выделили наименьший возможный период динамики – календарный месяц, что позволяет, с одной стороны, освободиться от влияния случайных (внутримесячных) колебаний, а с другой стороны, учесть сезонные (внутригодовые) колебания.

Для определения необходимой численности выборки исследований и числа наблюдений использовались корреляционно-регрессионные методы, дающие возможность при минимально допустимом объеме выборки получать достоверный и надежный результат. При формировании групп наблюдения применялся метод направленного отбора[4], который позволяет на небольшом объеме материалов изучить силу влияния исследуемых факторов.

Исходные данные для анализа влияния факторов окружающей среды на здоровье населения были собраны в следующем виде:

а) индивидуальные карточки учета заболеваемости с указанием пола, возраста, места проживания (сильно загрязненный район, слабо загрязненный район), дат обращений в медицинские учреждения и поставленного диагноза;

б) тетради учета атмосферного давления, температуры воздуха и концентраций видов загрязнения с шестичасовой периодизацией (замеры производились четыре раза в сутки: в 1 час, 7, 13 и 19 часов).

На основе этого материала сформированы динамические ряды, характеризующие изменения во времени климатических особенностей рассматриваемой территории, загрязнения окружающей среды и здоровья населения. Показатели отражают изучаемые явления по признаку состояния на определенные моменты времени, что характерно для моментных динамических рядов.

Для достижения однокачественности отдельных уровней динамических рядов была произведена типологическая группировка материала по заболеваемости детского населения. Выделены однородные половозрастные группы детей, проживающих в одном районе (например, мальчики в возрасте трех лет, проживающие в сильно загрязненном районе) и болевших в течение рассматриваемого периода болезнями определенной нозологической формы. Связь между динамическими рядами, характеризующими климатические особенности и здоровье населения, и рядами заболеваемости была исследована методами корреляционного анализа.

---

[4] См.: *Методика* расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987; *Острые* заболевания верхних дыхательных путей: Научно-информационный материал. – М.: Мед. ун-т им. Н.И. Пирогова, 2011.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЙ

Для решения поставленных в исследовании задач потребовалась информация о формировании пространственной структуры Лесосибирского промузла в перспективе с учетом экологических требований. Такая информация была получена в результате решения ряда оптимизационных задач на материалах Нижнего Приангарья[5] с использованием разработанного нами модельного аппарата для анализа эколого-экономических взаимосвязей, возникающих при формировании региональных хозяйственных систем. Отдельные результаты решения данных задач применялись в качестве входной информации при проведении расчетов в рамках анализа зависимостей между состоянием здоровья населения и загрязнением атмосферного воздуха. В частности, использовалась следующая информация: уточненная производственная структура промузла с учетом ее экологической допустимости, экологически приемлемые варианты мощностей для основных объектов хозяйства, размещение предполагаемых новых предприятий по промышленным площадкам узла, варианты природоохранных мероприятий и технологий, объемы и состав выбросов в атмосферный воздух и др. Эта информация учитывалась косвенно в качестве экзогенных параметров.

Непосредственное же использование данного экономико-математического аппарата для решения поставленных в нашем исследовании задач представляется затруднительным, прежде всего из-за невозможности адекватного отражения такого сложного фактора, как здо-

---

[5] См.: *Бурматова О.П.* Инструментарий оптимизации природоохранной деятельности при прогнозировании развития экономики региона. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2009; *Она же*. Реализация инвестиционных проектов в регионе с позиций экологического императива (на примере Нижнего Приангарья) // Проблемы управления социально-экономическим развитием регионов Сибири / Под ред. А.С. Новоселова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2013; *Она же*. Влияние хозяйственной деятельности на состояние водного бассейна: моделирование и анализ результатов // Вестник НГУЭУ. – 2014. – № 2; *Она же*. Модель выбора варианта хозяйственных решений в регионе с учетом их экологических последствий // Проблемы инновационного управления экономикой регионов Сибири / Под ред. А.С. Новоселова, В.Е. Селиверстова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2015.

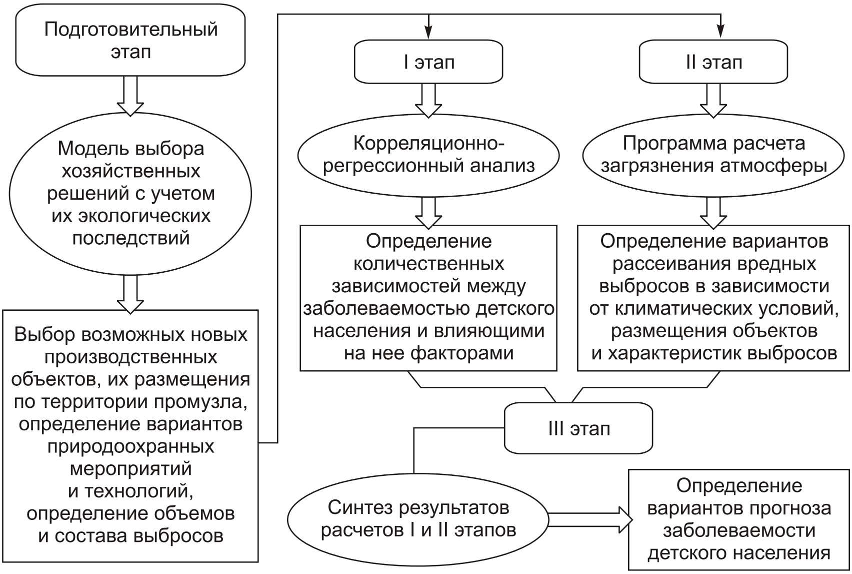
Подготовительный этап
Модель выбора хозяйственных решений с учетом их экологических последствий
Выбор возможных новых производственных объектов, их размещения по территории промузла, определение вариантов природоохранных мероприятий и технологий, определение объемов и состава выбросов
I этап
II этап
Корреляционно-регрессионный анализ
Программа расчета загрязнения атмосферы
Определение количественных зависимостей между заболеваемостью детского населения и влияющими на нее факторами
Определение вариантов рассеивания вредных выбросов в зависимости от климатических условий, размещения объектов и характеристик выбросов
III этап
Синтез результатов расчетов I и II этапов
Определение вариантов прогноза заболеваемости детского населения

Рис. 2. Этапы исследования зависимостей между здоровьем населения и состоянием окружающей среды, используемый аппарат и получаемые результаты анализа

ровье населения, в терминах экономико-математических моделей. Поэтому для изучения зависимостей между здоровьем людей и состоянием окружающей среды более применимы статистико-математические модели.

Последовательность решения поставленных задач показана на рис. 2.

ПОДХОД К АНАЛИЗУ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ЗДОРОВЬЕМ НАСЕЛЕНИЯ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Расчеты проводились в три этапа (см. рис. 2). На первом этапе с использованием статистико-математических моделей (методов регрессионного и факторного анализа) определялась количественная зависимость заболеваемости детского населения, представленной

11 нозологическими формами (в соответствии с методикой ВОЗ[6] для болезней органов дыхания), от таких факторов природной среды, как, во-первых, загрязнение атмосферного воздуха золой, окислами азота и серы и, во-вторых, особенности климатических условий территории рассматриваемого промузла, включая атмосферное давление и температуру воздуха.

Количественные зависимости между заболеваемостью населения и факторами, характеризующими климатические особенности и загрязнение окружающей среды, устанавливались на основе информации Новосибирского НИИ гигиены. В качестве исследуемой категории населения при учете заболеваемости рассматривались дети в возрасте от 3 до 14 лет. При этом соблюдено требование достаточно большого объема не только всей совокупности (числа наблюдений), но и численности каждой из выделенных в ней групп (30–40 детей).

Выбор детского населения для решения поставленной задачи был обусловлен тем, что, во-первых, оно не подвержено действию производственных факторов, вредных привычек и т.п., что позволяет исключить их влияние. Во-вторых, дети в силу известных анатомо-физиологических особенностей более чувствительны к изменению качества окружающей среды, поэтому сроки проявления неблагоприятных эффектов у них по сравнению со взрослым населением более короткие. Это повышает достоверность статистических наблюдений и позволяет на более ранних стадиях выявить наличие неблагоприятных влияний. В-третьих, фактическая заболеваемость детей практически совпадает с заболеваемостью по обращаемости в медицинские учреждения, что обеспечивает высокую презентабельность данных.

Среди видов заболеваний в условиях загрязнения атмосферного воздуха преобладают болезни органов дыхания. Поэтому для анализа были выбраны болезни преимущественно верхних дыхательных путей, зависящие не только от состояния воздушного бассейна, но и от особенностей климатических условий территории (см. рис. 1). Материалы первичного учета заболеваемости позволяют сгруппировать рассматриваемое детское население с учетом пола, возраста, места проживания (сильно загрязненный район, слабо загрязненный район) по рассматриваемым 11 нозологическим формам заболеваемости. Динамические ряды этих данных с месячной периодизацией обрабатываются с помощью корреляционного анализа и при наличии связи между рядом заболеваемости и рядом, характеризующим климатические условия или загрязнение атмосферы, включаются в уравнение регрессии. В этих уравнениях в качестве результативного признака выступает заболеваемость болезнями определенной нозологической группы, а факторными признаками – климатические особенности территории и характеристики видов загрязнения атмосферного воздуха.

---

[6] См.: *Острые* заболевания верхних дыхательных путей: Научно-информационный материал.

Как показатель, определяющий выделение факторов (качественных переменных, которые в дальнейшем анализе входят в уравнение регрессии и оцениваются статистическими критериями), в нашей работе использовался коэффициент корреляции рангов ρ (коэффициент Спирмена).

Результатом первого этапа расчетов стало получение количественных зависимостей между заболеваемостью детского населения и факторами, влияющими на нее.

Второй этап расчетов предусматривает определение концентрации в приземном слое атмосферы различных вредных веществ (золы, окислов азота и сернистого ангидрида), образуемой в результате выбросов с рассматриваемых объектов (ГРЭС и ТЭЦ), с учетом размещения объектов, характеристик выбросов и местных природных условий. Для этих целей использовалась унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы «Эколог»[7], предназначенная для автоматизированного расчета загрязнения атмосферы вредными выбросами промышленных предприятий. Программа позволяет строить карты рассеивания вредных веществ в приземном слое атмосферы (в виде систем точек, указывающих значение концентрации) на основе использования трех групп данных, характеризующих:

---

[7] См.: *Методика* расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий; *Унифицированная* программа расчета загрязнения атмосферы «Эколог». Версия 3.0: Руководство пользователя. – СПб., 2003.

1) источники выбросов (их высота, диаметр устья дымовой трубы, скорость выхода и температура газовоздушной смеси);

2) виды загрязнения (объемы выброса, взаимодействие различных веществ, их предельно допустимые концентрации, скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе);

3) географические и климатические особенности территории (температура атмосферного воздуха, географическая широта местности, характер розы ветров, уровень фонового загрязнения и т.д.).

Результатом данного этапа расчетов являются варианты рассеивания вредных выбросов на территории рассматриваемого промышленного узла в зависимости от климатических условий, размещения объектов и характеристик выбросов. Вариантные расчеты по определению концентраций вредных веществ на территории промузла осуществлялись с учетом различных вариантов степени очистки пылегазовых выбросов объектов теплоэнергетики (вариант 1 – до 95%, вариант 2 – до 85%) (табл. 2).

Расчеты показали, что предусмотренный в соответствии с проектными данными уровень очистки на объектах теплоэнергетики, равный 95%, не обеспечивает полного рассеивания за пределами санитарно-защитной зоны, а возможное снижение степени очистки на 10% приводит к значительному расширению площади территории, подвергаемой загрязнению, и к резкому росту концентрации рассматриваемых видов загрязнения в ее пределах.

Третий этап расчетов предусматривает на основе синтеза результатов первого и второго этапов определение вариантов прогноза заболеваемости детского населения Лесосибирского промузла. При этом варианты такого прогноза рассчитываются по полученным распределениям концентраций вредных веществ на территории узла и полученным количественным зависимостям между заболеваемостью и состоянием окружающей среды, включая климатические особенности территории и загрязнение атмосферы золой, окислами азота и серы (последние входят в регрессионные уравнения в качестве переменных).

Результаты выполненного прогноза показали, в частности, что среднемесячная заболеваемость детей в возрасте 13 лет, проживающих в Лесосибирском промузле, при условии соблюдения технологии очист-

Таблица 2

Характеристика загрязнения атмосферного воздуха по вариантам расчетов

Вредное вещество	Вариант	Концентрации вредных веществ в выбросах от источников загрязнения			
		максимальная	на границе зоны санитарного разрыва	на уровне ПДК	на границе 200-километровой зоны
SO_2	1	2,5 ПДК на расстоянии 5–7 км к северо-западу от источников выбросов и на расстоянии 10–12 км на юго-восток от источников выбросов	1 ПДК на северо-западе, 1,9 ПДК на западе, 1,8 ПДК на юго-западе	На расстоянии 30–40 км	0,2–0,3 ПДК
	2	3 ПДК на расстоянии 8–10 км к востоку от источников выбросов	2,5 ПДК	На расстоянии 36–40 км	0,2–0,3 ПДК
NO_x	1	1,8 ПДК на расстоянии 5 км к северу от источников выбросов и 12 км к северо-востоку от источников выбросов	1,2–1,3 ПДК к северу и западу от источников выбросов, 1,6 ПДК на юге и востоке	На расстоянии 20–25 км	0,15–0,2 ПДК
	2	2 ПДК на расстоянии 5–10 км от источников выбросов	1,5 ПДК на западе, 2 ПДК на остальных направлениях	На расстоянии 25–30 км	0,2 ПДК
Зола	1	1,1 ПДК на расстоянии 10–12 км от источников выбросов	1 ПДК	На расстоянии 15 км	0
	2	1,15 ПДК на расстоянии 12–14 км от источников выбросов	1 ПДК	На расстоянии 15–20 км	0

ки вредных выбросов в радиусе до 35 км от источников выбросов будет в мае 14 чел. на 1000 жителей, а в радиусе до 70 км – 13 чел. на 1000 жителей. В декабре заболеваемость составит соответственно 30 и 29 чел. на 1000 жителей. При нарушении технологии очистки заболеваемость детей в мае будет 15 чел. на 1000 жителей, а в декабре увеличится до

31 чел. на 1000 жителей на территории в радиусе до 35 км от источников выбросов и до 30 чел. на территории в радиусе до 70 км.

Значительный рост загрязнения атмосферного воздуха в Лесосибирском промышленном узле в связи с возможным размещением и функционированием новых объектов теплоэнергетики (работающих на канско-ачинских углях) приводит к увеличению заболеваемости детского населения болезнями верхних дыхательных путей: до 15–30 случаев на 1 тыс. жителей в месяц, или до 260–280 случаев на 1 тыс. жителей в год[8]. Это дает основание считать размещение теплоэлектростанций рассматриваемой мощности в районе Нижнего Приангарья нецелесообразным.

ВЫВОДЫ

Основными результатами проведенного исследования являются, на наш взгляд, следующие.

Во-первых, реализован предложенный подход к прогнозированию заболеваемости населения в результате загрязнения окружающей среды и учету климатических особенностей.

Во-вторых, выявлены возможные факторные связи между заболеваемостью детского населения и загрязнением окружающей среды.

В-третьих, предложен и реализован подход к установлению количественных зависимостей между заболеваемостью населения и определяющими ее факторами (климатические особенности территории, загрязнение окружающей среды).

В-четвертых, проведены вариантные расчеты по определению концентраций вредных веществ на территории рассматриваемого промышленного узла с учетом изменений условий очистки выбросов предприятий теплоэнергетики.

В целом, возможное строительство крупных ТЭС в Лесосибирском промузле в сочетании с предполагаемым в перспективе созданием ряда предприятий лесохимии может привести к загрязнению воздушного бассейна, нанести непоправимый ущерб природной среде окружающего района и создать крайне неблагоприятные условия для проживания населения. Факторами, отрицательно действующими на здоровье населения, будут выступать также комбинированное действие на людей атмосферных выбросов объектов теплоэнергетики и лесохимии и изменение микроклиматических условий в районе прогнозируемого Средне-Енисейского гидроузла.

---

[8] По данным зарубежных авторов, у исходно здоровых детей вполне объяснимо и допустимо возникновение 6–10 заболеваний органов дыхания на 1 тыс. чел. в год (см., например, работу [5]).

Список источников

1. *Ачкасов Е.Е.* Экология человека и промышленное загрязнение окружающей среды. – URL: http://www.docme.ru/doc/512377/kafedra-gospital._noj-hirurgii (дата обращения 07.04.2016).

2. *Гильмундинов В.М., Казанцева Л.К., Тагаева Т.О. и др.* Загрязнение природной среды и общественное здоровье в России // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер.: Социально-экономические науки. – 2012. – Т. 12, вып. 3. – С. 63–74.

3. *Зубков М.Н.* Алгоритм терапии острых и хронических инфекций верхних и нижних дыхательных путей // Российский медицинский журнал. – 2009. – Т. 17, № 2. – С. 123–131.

4. *Кутузова М.В.* Оценка влияния состояния окружающей среды на уровень жизни населения региона (на материалах Омской области) // Фундаментальные исследования: Экономические науки. – 2013. – № 10. – С. 636–640.

5. *Лапшин В.Ф., Уманец Т.Р.* Профилактика острых респираторных заболеваний верхних дыхательных путей у детей // Therapia. – 2006. – № 2.

6. *Максименко Л.В.* Социально-гигиенические аспекты охраны окружающей среды: социально-гигиенический мониторинг. 29 сентября 2014. – URL: http://www.docme.ru/doc/544377/lekciya–gigienicheskie-aspekty (дата обращения 17.03.2016).

7. *Протасов В.Ф.* Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.

8. *Прохоров Б.Б.* Экология человека: Понятийно-терминологический словарь. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 364 с.

Информация об авторах

Бурматова Ольга Петровна (Россия, Новосибирск) – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник. Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 17, e-mail: burmatova@ngs.ru).

Сумская Татьяна Владимировна (Россия, Новосибирск) – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник.

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 17, e-mail: stv@ieie.nsc.ru).

DOI: 10.15372/REG20170214

Region: Economics & Sociology, 2017, No. 2 (94), p. 287–307

O.P. Burmatova, T.V. Sumskaya

PREDICTING POPULATION MORBIDITY UNDER THE CONDITIONS OF AIR POLLUTION

The article proposes an approach to considering quantitative relationships between population morbidity and the state of the natural environment around large thermal power plants. By exercising this approach with data from the Lesosibirsk industrial hub in the Lower Angara region, we managed to establish quantitative relationships between morbidity of child population and the factors affecting it. The article constructs hazardous substances dispersion maps that depend on climatic conditions, the location of production facilities, and characteristics of emissions in the area under study. Variant calculations carried out to determine the concentrations of hazardous substances in the territory, with due regard to the changed conditions for the purification of thermal power plant emissions, made it possible to conclude that it would be inexpedient to build a TPP of a given capacity in the Lower Angara region because of a possible increase in the incidence of upper respiratory tract diseases in children (up to 260–280 cases per 1,000 inhabitants a year).

Keywords: population health; Lower Angara region; estimates; air pollution; thermal power plants; climatic features of the territory

References

1. *Achkasov, E.E.* (2012). Ekologiya cheloveka i promyshlennoe zagryaznenie okruzhayushchey sredy [Human ecology and industrial environmental pollution]. Available at: http://www.docme.ru/doc/512377/kafedra-gospital._noj-hirurgii (date of access: 07.04.2016).

2. *Gilmundinov, V.M., L.K. Kazantseva, T.O. Tagaeva et al.* (2012). Zagryaznenie prirodnoy sredy i obshchestvennoe zdorovye v Rossii [The environmental degradation and public health in Russia]. Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta.

Seriya: Sotsialno-ekonomicheskie nauki [Vestnik of Novosibirsk State University. Series: Social and Economic Sciences], Vol. 12, No. 3, 63–74.

3. *Zubkov, M.N.* (2009). Algoritm terapii ostrykh i khronicheskikh infektsiy verkhnikh i nizhnikh dykhatelnykh putey [Therapeutic algorithm of acute and chronic infections of upper and lower airways]. Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal [Russian Medical Journal], Vol. 17, No. 2, 123–131.

4. *Kutuzova, M.V.* (2013). Otsenka vliyaniya sostoyaniya okruzhayushchey sredy na uroven zhizni naseleniya regiona (na materialakh Omskoy oblasti) [Assessment of influence of a state of environment on a people's living standards of the region (on materials of the Omsk region)]. Fundamentalnye issledovaniya: Ekonomicheskie nauki [Fundamental Research: Economic Sciences], 10, 636–640.

5. *Lapshin, V.F.* & *T.R. Umanets.* (2006). Profilaktika ostrykh respiratornykh zabolevaniy verkhnikh dykhatelnykh putey u detey [Prevention of acute respiratory diseases of upper airways in children]. Therapia, 2.

6. *Maksimenko, L.V.* (2014). Sotsialno-gigienicheskie aspekty okhrany okruzhayushchey sredy: sotsialno-gigienicheskiy monitoring [Social and hygienic aspects of environmental conservation: social and hygienic monitoring]. Available at: http://www.docme.ru/doc/544377/lekciya–gigienicheskie-aspekty (date of access: 17.03.2016).

7. *Protasov, V.F.* (1999). Ekologiya, zdorovye i okhrana okruzhayushchey sredy v Rossii [Ecology, Health, and Protection of the Environment in Russia]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 672.

8. *Prokhorov, B.B.* (2000). Ekologiya cheloveka: Ponyatiyno-terminologicheskiy slovar [Human Ecology: Conceptual Terminological Dictionary]. Moscow, MNEPU Publ., 364.

Information about the authors

Burmatova, Olga Petrovna (Novosibirsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Senior Researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Ac. Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: burmatova@ngs.ru).

Sumskaya, Tatiana Vladimirovna (Novosibirsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Senior Researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Ac. Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: stv@ieie.nsc.ru).

Рукопись статьи поступила в редколлегию 13.03.2017 г.

© Бурматова О.П., Сумская Т.В., 2017