

УДК 504.3.054: (004.822+504.05+519.876.2)

DOI:10.25729/ESI.2024.33.1.004

Онтологическое моделирование предметной области «Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха»

Асламова Вера Сергеевна, Плеханова Ольга Сергеевна

Иркутский государственный университет путей сообщения,

Россия, Иркутск, *aslamovav@yandex.ru*

Аннотация. В статье представлены онтологии предметной области «Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха», описывающие классы источников загрязнения, причины и виды загрязняющих веществ, показатели качества атмосферного воздуха с указанием влияющих на него факторов, и методы вычисления показателей, которые будут применены в проектируемой информационной системе. На основе онтологий будет сформирована база данных информационной системы. Для оценки уровня загрязнения атмосферы предложена модель агрегатного комплексного показателя, учитывающая предельные допустимые концентрации и число их превышения фактическими среднегодовыми концентрациями загрязнителей, их класс опасности и годовые массы выбросов, расстояние от источника выброса.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющее вещество, онтологическая модель, агрегатный комплексный показатель, уровень загрязнения

Цитирование: Асламова В.С. Онтологическое моделирование предметной области «Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха» / В.С. Асламова, О.С. Плеханова // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2024. – № 1(33). – С. 40-49. – DOI:10.25729/ESI.2024.33.1.004.

Введение. Структурирование знаний на основе онтологий и когнитивных карт прочно вошло в науку, промышленность, энергетику, для анализа: взаимосвязей социо-экологических и энергетических систем развития [1] и оценки их устойчивости [2], последствий чрезвычайной ситуации в энергетике [3], антропогенного влияния энергетических объектов на качество жизни населения [4] и природную среду [5], проектирования систем поддержки управления техносферной [6] и пожарной [7] безопасностью, удобства использования программного обеспечения [8], системы защиты информации [9] и проектирования баз данных [10], в менеджменте. В учебном процессе онтологии применяются для повышения эффективности преподавания [11, 12], передачи, усвоения и контроля знаний обучающихся [13-15], а также при расчёте рейтинга преподавателей [16].

Онтологии – наглядный простой инструмент для понимания и осмысления специфичности предметной области (ПрО), стандарт в сфере формирования баз знаний (БЗ) [12], эффективный инструмент для классификации и приобретения знаний [17, 18], структурирования знаний для проведения исследований [19]. Под онтологией понимают спецификацию или формальное представление ПрО, которые включают словарь указателей на концепты (термины) ПрО, логические выражения, описывающие назначение концептов, их связь и соотношение [11].

Актуальность разработки онтологий ПрО «Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха (АВ)» аргументируется также неудовлетворительным качеством АВ городов Иркутской области [20].

1. Онтологии предметной области. Система «Антропогенное загрязнение АВ» является слабо структурированной и трудно формализуемой. Для выявления, описания и структурирования взаимосвязей между ее элементами часто используют качественное онтологическое моделирование знаний [1-7], а также агрегатное моделирование, оценивающее, как система, ее классы, подклассы соответствуют своей цели, как система выполняет свои функции, как приспособлена она к решению поставленных задач, каким обобщённым показателем можно описать функционирование системы [21].

На рисунке 1 представлена онтология ПрО загрязнения атмосферы.

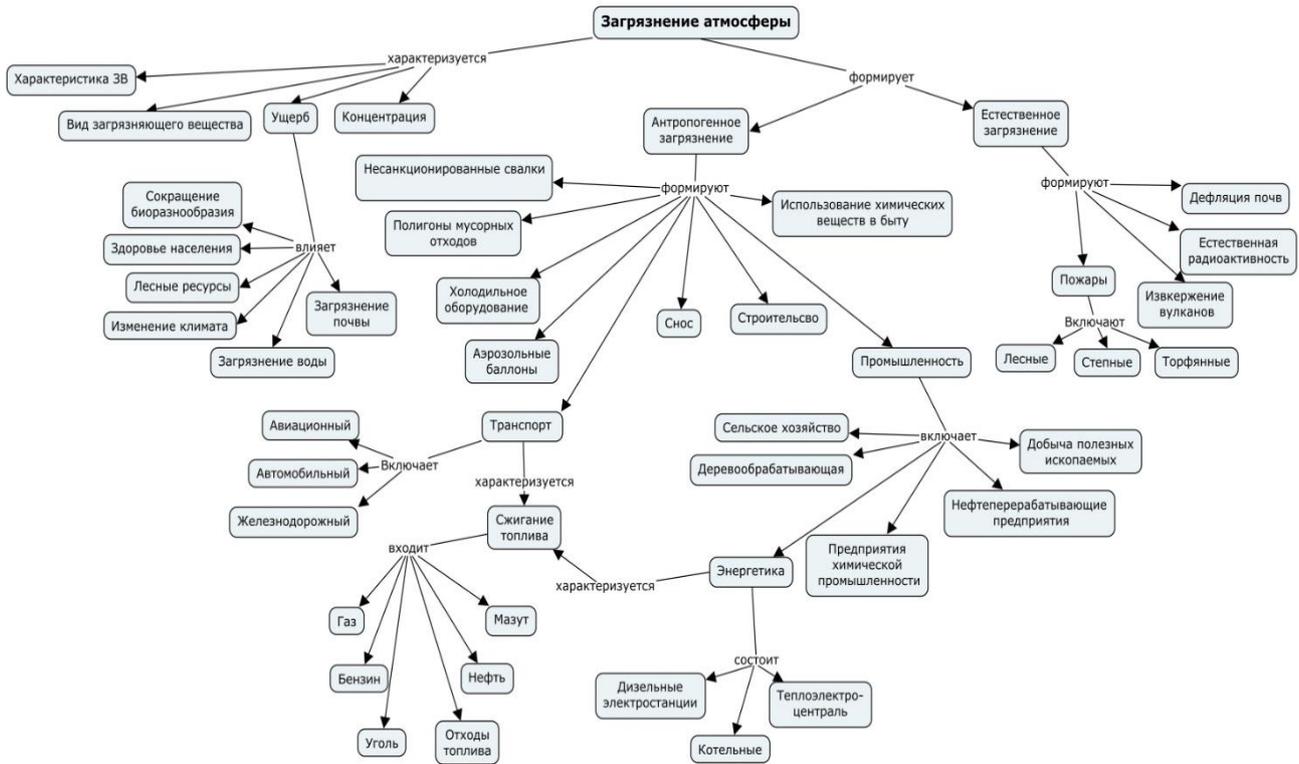


Рис. 1. Онтология ПрО загрязнения атмосферы

Согласно РД 52.04.667-2005, под **загрязнением атмосферы** понимают изменение ее состава из-за наличия в ней загрязняющих веществ (ЗВ). Поскольку в статье рассматривается антропогенное загрязнение АВ, то источники естественного загрязнения АВ далее не рассматриваются. Загрязнение АВ формирует антропогенный поражающий фактор (АПФ).

АПФ формируется в процессе человеческой деятельности и характеризуется видом загрязняющих веществ (ЗВ), их физическими, химическими, биологическими свойствами и концентрациями, которые наносят ущерб населению и окружающей природной среде (ОПС), включая АВ. ОПС – преобразованная человеком биосфера, которая служит средством, местом и условием обитания человека и всех живых организмов.

Ущерб от загрязнения АВ приводит к сокращению биоразнообразия ОПС, жизни населения, нанося вред его здоровью, вызывает загрязнение водных, лесных и почвенных ресурсов, изменение климата. Источниками антропогенного загрязнения АВ служат промышленные выбросы заводов алюминия и ферросплавов, лесопромышленных комплексов, целлюлозно-бумажной промышленности, ТЭЦ, котельных, транспорта, захоронение отходов, сельское хозяйство и использование в быту химических веществ.

Онтология причин и видов ЗВ источников антропогенного загрязнения АВ представлена на рисунке 2.

Как видно из рис. 2, причины антропогенного загрязнения АВ вызваны неполным сжиганием топлива транспортными средствами и электроэнергетическими комплексами, промышленными выбросами токсичных химических веществ, тяжелых металлов, летучих органических соединений (ЛОС), бенз(а)пирену (БП), относящемуся к полициклическим ароматическим углеводородам (ПАУ), взвешенных частиц при строительстве и сносе. Полигоны, свалки твердых коммунальных и бытовых отходов загрязняют АВ за счет выделения сернистого и углекислого газов, метана, всевозможных диоксидов.

Как правило, количественные выбросы автономных источников теплоснабжения не включаются в сводные отчеты и государственные доклады о состоянии АВ, хотя они оказывают существенное влияние на уровень загрязнения АВ населённых пунктов [22, 23].

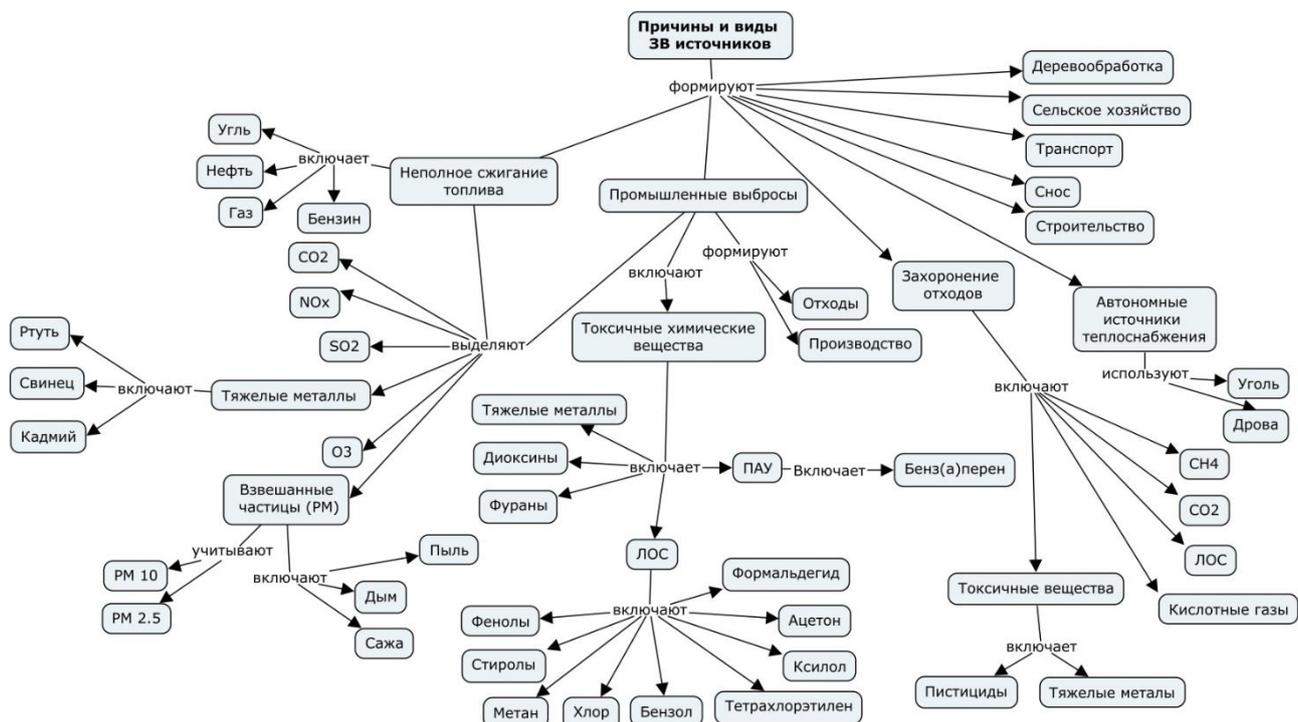


Рис. 2. Онтология причин и видов ЗВ

Показатели качества атмосферного воздуха. На рисунке 3 представлены показатели, используемые для оценки качества АВ. Под качеством АВ понимается совокупность химических, физических, биологических свойств АВ, которая отражает степень соответствия АВ гигиеническим и экологическим нормативам качества. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 [24], для оценки качества АВ используется гигиенический норматив – предельно допустимые концентрации (ПДК) ЗВ. Изменены значения ПДКсс (среднесуточные ПДК), установлены ПДКсг (среднегодовые ПДК) для некоторых ЗВ. Под ПДК понимают максимальную концентрацию ЗВ, которая не производит на человека, его потомство косвенного или прямого вредного воздействия, не снижает его работоспособность, не ухудшает санитарно-бытовых условий жизни и его самочувствие.

Степень загрязнения АВ является качественной характеристикой уровня загрязнения. Ее оценивают посредством сравнения фактических среднегодовых концентраций с ПДКсг. Если последние отсутствуют, то сравнивают фактические среднесуточные с ПДКсс, либо максимальные из разовых концентраций с ПДКмр (ПДК максимальные разовые).

Для оценки качества АВ согласно РД 52.04.667-2005 [25] используются экологические показатели:

- ИЗА (комплексный индекс загрязнения АВ), величина которого вычисляется по значениям среднегодовых концентраций ЗВ, деленных на ПДК и приведенных к вредности диоксида серы. Он характеризует уровень длительного, хронического загрязнения АВ;
- СИ (стандартный индекс), равный отношению максимальной измеренной разовой концентрации ЗВ к ПДК; определяется из данных наблюдений в пункте за одним ЗВ, или на всех пунктах рассматриваемой территории за всеми ЗВ за месяц или за год.;
- НП (наибольшая повторяемость), в %, превышения ПДК любым ЗВ в городе.

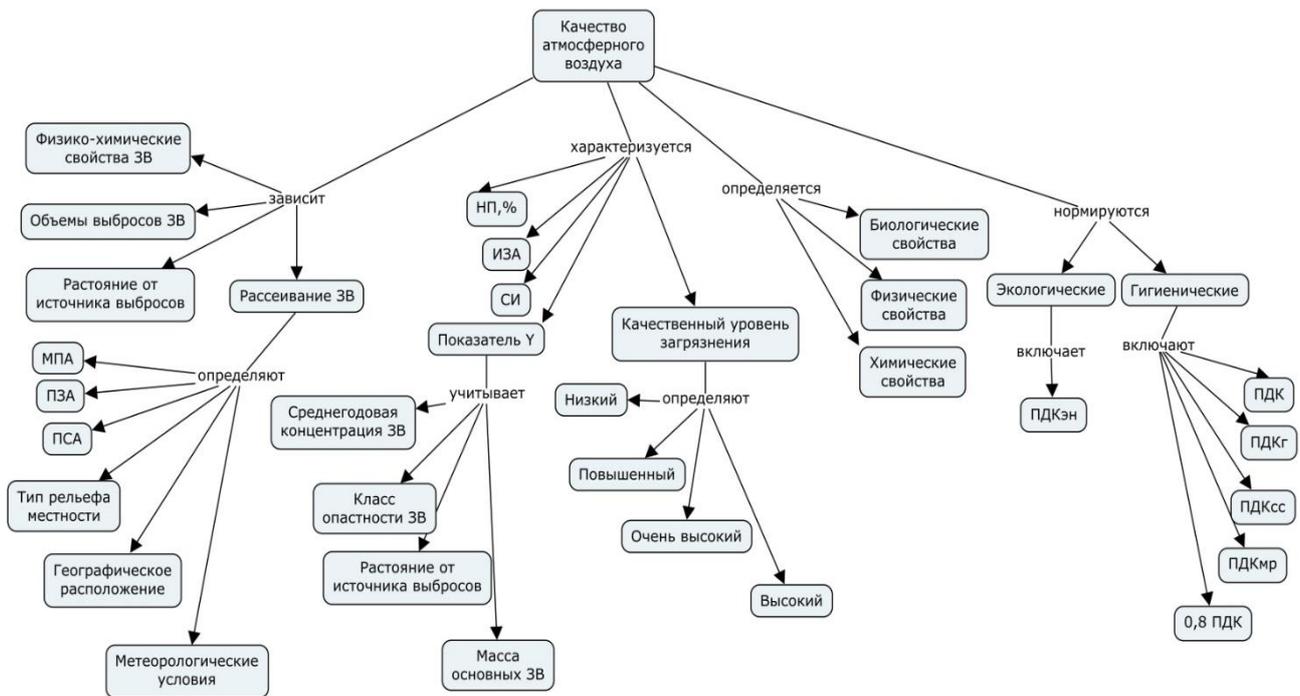


Рис. 3. Онтология показателей качества АВ

Экологический норматив качества АВ – критерий, отражающий предельно допустимое максимальное содержание ЗВ, при котором отсутствует вредное воздействие на окружающую среду.

Качество АВ зависит от расстояния до источника выброса, от объема и высоты выброса ЗВ источника, рассеивающей способность атмосферы, определяемой метеорологическими условиями рассеивания и переноса ЗВ, а также вымыванием ЗВ осадками.

При холодных выбросах из низких дымовых и вентиляционных труб концентрация ЗВ вблизи источника мала, она повышается на подветренной стороне, достигая максимума на расстоянии от трубы, величина которого зависит от скорости ветра. При выбросах и горячих выбросах из высоких труб металлургии, химических производств, электростанций распределение ЗВ в АВ зависит как от скорости и направления ветра, так и от состояния вертикальной устойчивости атмосферы. В случае инверсии, когда температура АВ возрастает с увеличением высоты, то рассеивание ЗВ снижается. При длительных инверсиях и неорганизованных низких выбросах, например, автотранспорта, котельных и т.п.) концентрации ЗВ могут значительно возрастать.

При конвекции, когда температура с высотой уменьшается, в летние месяцы в дневное время формируются условия для турбулентного интенсивного обмена. Это вызывает возникновение в приземном слое АВ значительных колебаний концентраций ЗВ, которые поступают из высотных труб.

При слабом ветре 1-2 м/с концентрации ЗВ у земли снижаются за счет подъема факела и переноса ЗВ вверх. При сильном ветре 5-7 м/с вертикальный подъем ЗВ уменьшается, но возрастает скорость переноса ЗВ в горизонтальном направлении.

При туманах концентрации ЗВ могут весомо возрастать за счет увеличенной влажности воздуха и приземной инверсии, вызывая зимние смоги.

В городских условиях на рассеивание ЗВ значительно влияют: планировка улиц, их направление и ширина, высота зданий. В крупных городах Сибири, особенно в зимнее время, в случае длительных прояснений погоды часто формируется так называемый "остров тепла" со своей циркуляционной структурой и образованием устойчивого потока АВ к центру этого острова, где сосредотачиваются значительные концентрации ЗВ.

Топография города оказывает существенное влияние на рассеивание ЗВ. На пересеченной местности возникают восходящие потоки АВ на наветренных склонах, в которых приземные концентрации ЗВ уменьшаются. В нисходящих потоках АВ на подветренных склонах приземные концентрации ЗВ увеличиваются. Летом над реками, озерами образуются нисходящие потоки АВ, в прибрежных зонах – восходящие потоки АВ. При нисходящих потоках, при восходящих - уменьшаются. В котловинах АВ застаивается, что способствует накоплению ЗВ над подстилающей поверхностью. На ровной местности максимумы приземной концентрации ЗВ, как правило, меньше, чем на холмистой.

Климатические условия определяют ПЗА (потенциал загрязнения атмосферы). По ГОСТ 17.2.1.04 ПЗА – это сочетание метеорологических условий, которое обуславливает уровень вероятного загрязнения АВ от действующих источников выбросов. Значение ПЗА зависит от следующих метеорологических параметров: повторяемость приземных инверсий, в %, их мощность, в км и интенсивность, в °С; повторяемость застоев АВ, в % и скорости ветра 0-1 м/с; продолжительность туманов, в часах). Следует отметить, что для Восточной Сибири характерны самые неблагоприятные метеорологические условия для рассеивания ЗВ [25]. Чем больше значение ПЗА, тем способность атмосферы к самоочищению меньше [26].

В [26] предложен индекс – потенциал самоочищения атмосферы (ПСА), учитывающий зависимые (возможность появления туманов при слабых ветрах) и независимые (возможность совмещения событий: существенный ветер и осадки). Результаты выполненных расчетов за 52-летний период подтвердили, что Иркутск находится в зоне накопления ЗВ в АВ (85,1% случаев).

В [27] предложен другой индекс, МПА (метеорологический потенциал атмосферы), учитывающий факторы, которые способствуют как самоочищению АВ, так и его загрязнению. МПА учитывает повторяемости: как небольших скоростей ветра от 0 до 1 м/с, так и скоростей ветра больше 6 м/с; суточных осадков, превышающих 0,5 мм; дней с туманами. При значении МПА < 1 преобладают процессы, которые благоприятствуют очищению АВ, а при МПА > 1 преобладают процессы, которые способствуют накоплению ЗВ в АВ.

Поскольку фактическая концентрация ЗВ снижается при увеличении расстояния от источника выброса, для оценки уровня загрязнения АВ предложена модель агрегатного комплексного показателя Y_x , 1/км [20], учитывающая ПДК, класс опасности ЗВ, число превышения ПДК фактической среднегодовой концентрации l -го ЗВ; Z_i – эмпирический коэффициент, 1/тыс.т, обеспечивающий соответствие вычисляемого показателя Y_x наблюдаемым уровням загрязнения АВ; M_i – годовая масса ЗВ и расстояние от источника выброса:

$$Y_x = \left(\sum_{i=1}^d K_i N_i + \sum_{i=1}^s Z_i M_i \right) / (R + 5x),$$

где $d = 35$; l, i – порядковые номера анализируемого ЗВ; $s = 4$ – число основных ЗВ (СО, NO₂, SO₂, взвешенные вещества); K_l – эмпирический коэффициент, который учитывает класс опасности l -го ЗВ (для I класса опасности $K_1 = 16,3$, для II – $K_2 = 7,43$, для III – $K_3 = 3,43$, для IV – $K_4 = 1,58$); N_l демонстрирует, во сколько раз среднегодовое значение концентрации l -го ЗВ превосходит ПДК; Z_i – эмпирический коэффициент, 1/тыс.т, обеспечивающий соответствие вычисляемого показателя Y_1 наблюдаемым уровням загрязнения АВ; M_i – годовая масса i -го ЗВ, тыс.т; R – условный радиус города, км, определяемый по формуле

$$R = \sqrt{G / \pi},$$

где G – площадь исследуемого города; $x = 1, 2, 3$ – номер уровня, для которого рассчитывается Y_x на расстоянии $5x$, км от границы города. Эмпирические коэффициенты Z_i и K_l подбирались

в вычислительном эксперименте методом перебора таким образом, чтобы рассчитанные данные соответствовали оценкам загрязнения АВ Иркутского УГМС, которые представлены в годовом отчете. Уровень загрязнения АВ служит качественной характеристикой загрязнения.

Величину Y_x можно применять для оценки уровня загрязнения АВ в 0, 5, 10 и 15 км от границы города согласно табл. 1 [20].

Таблица 1. Соответствие значений Y_x индексу ИЗА

Уровень загрязнения АВ	Значения ИЗА по РД 52.04.186-89	Значения Y_x
низкий уровень загрязнения	0-4	0-4
повышенный уровень загрязнения	5-7	4,1-8
высокий уровень загрязнения	7-14	8,1-18
очень высокий уровень загрязнения	>14	> 18

На рисунке 4 представлена онтология методов, которые будут применяться в проектируемой информационной системе (ИС).

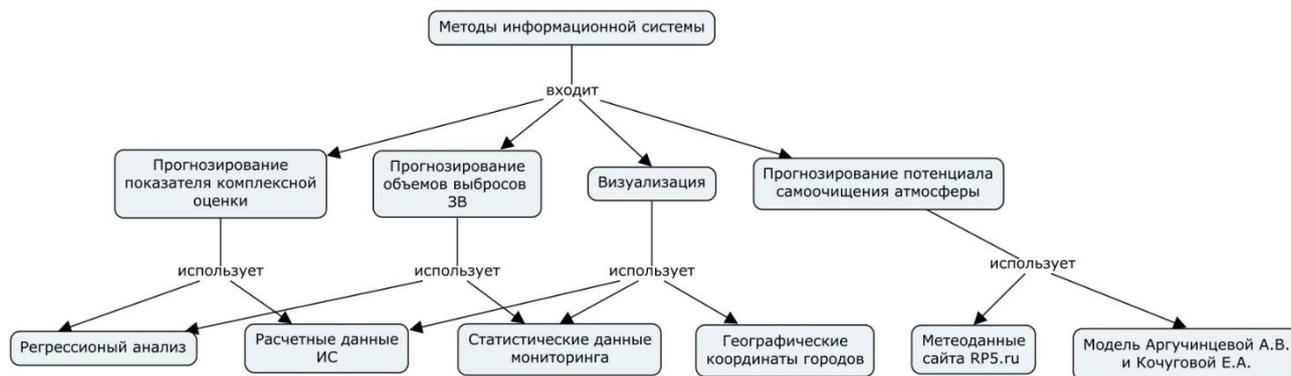


Рис. 4. Онтология методов вычисления показателей оценки качества АВ, которые будут применяться в проектируемой ИС

Результаты мониторинга загрязнения АВ городов ИР аппроксимированы регрессионными моделями, по которым в ИС будут выполнены прогнозы: выбросов основных ЗВ, значений комплексного показателя Y_x , трехмерной геопространственной визуализации загрязнения АВ ИР, значений ПСА. На основании анализа полученных результатов будут определяться тенденции изменения уровня загрязнения АВ и вырабатываться рекомендации по его снижению.

Заключение. В работе описана группа онтологий, связанных с антропогенным загрязнением АВ промышленными предприятиями, энергетикой, транспортом и т.д. Онтологические модели позволили стандартизировать терминологию и знания о ПрО и будут положены в основу базы данных проектируемой ИС. Рассмотрены показатели, используемые для оценки качества АВ, и методы вычисления показателей качества АВ, которые будут применяться в проектируемой ИС, построена онтология этих методов.

Список источников

1. Ворожцова Т.Н. Онтологический анализ взаимосвязей энергетических и социоэкологических систем / Т.Н. Ворожцова // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2022. – № 2(26). – С. 127-138. – DOI:10.38028/ESI.2022.26.2.012.
2. Ворожцова Т.Н. Семантическое моделирование в исследованиях устойчивости энергетических и социоэкологических систем / Т.Н. Ворожцова, Д.В. Пестерев, В.Р. Кузьмин // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2021. – № 4 (24). – С. 31-43. – DOI:10.38028/ESI.2021.24.4.003.
3. Массель Л.В. Применение онтологического, когнитивного и событийного моделирования для анализа развития и последствий чрезвычайных ситуаций в энергетике / Л.В. Массель // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2010. – № 2. – С. 34-43.

4. Ворожцова Т.Н. Компоненты онтологического пространства знаний для оценки влияния энергетики на качество жизни населения / Т.Н. Ворожцова, Е.П. Майсюк, И.Ю. Иванова // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2021. – № 3 (23). – С. 17-27. – DOI:10.38028/ESI.2021.23.3.002.
5. Ворожцова Т.Н. Система онтологий для исследования антропогенного влияния объектов энергетики на окружающую среду / Т.Н. Ворожцова, Е.П. Майсюк, И.Ю. Иванова // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2020. – № 1 (17). – С. 89-104. – DOI:10.38028/ESI.2020.17.1.007.
6. Калач А.В. Проектирование систем поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий с использованием онтологий / А.В. Калач, В.В. Ничепорчук, Е.В. Калач, И.А. Кубасов // Вестник ВГУ. Системный анализ и информационные технологии, 2021. – № 3. – С. 95 - 105. – DOI:10.17308/sait.2021.3/3739.
7. Шульга Т.Э. Онтологическая модель предметной области «Системы противопожарной безопасности» / Т.Э. Шульга, Ю.В. Никулина // Известия СПбГТИ(ТУ), 2019. – № 51(77). – С. 109-114.
8. Сытник А.А. Онтология предметной области «Удобство использования программного обеспечения» / А.А. Сытник, Т.Э. Шульга, Н.А. Данилов // Труды ИСП РАН, 2018. – Т. 30. – Вып. 2г. – С. 195-214. – DOI:10.15514/ISPRAS-2018-30(2)-10.
9. Наседкин П.Н. Оценка состояния комплексной системы защиты информации на основе онтологий / П.Н. Наседкин, Л.В. Аршинский // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2023. – № 1(29). – С. 158-177. – DOI:10.38028/ESI.2023.29.1.014.
10. Ворожцова Т.Н. Онтологический подход к проектированию базы данных для оценки влияния энергетики на окружающую среду / Т.Н. Ворожцова, Н.Н. Макагонова, Л.В. Массель // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2019. – № 3 (15). – С. 31-41. – DOI: 10.25729/2413-0133-2019-3-03.
11. Гаврилова Т.А. Понятийные структуры знаний и когнитивный стиль / Т.А. Гаврилова, И.А. Лещева // Психология. Высшая школа экономики, 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 154-176.
12. Гаврилова Т.А. Визуально-аналитическое мышление и интеллект-карты в онтологическом инжиниринге / Т.А. Гаврилова, Э.В. Страхович // Онтология проектирования, 2020. – Т. 10. – №1(35). – С.87-99. – DOI:10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.
13. Гаврилова Т.А. Об использовании визуальных концептуальных моделей в преподавании / Т.А. Гаврилова, И.А. Лещева, Э.В. Страхович // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент, 2011. – № 4. – С. 124-150.
14. Темникова Е.А. Автоматизированная система мониторинга учебного процесса и онтология предметной области для учебного центра / Е.А. Темникова, В.С. Асламова // Вопросы естествознания, 2014. – № 1 (2). – С. 42-48.
15. Темникова Е.А. Онтологическое моделирование предметной области учреждения дополнительного профессионального образования / Е.А. Темникова, В.С. Асламова, О.Г. Берестнева // Онтология проектирования, 2015. – № 4 (18). – С. 369-385.
16. Сосинская С.С. Разработка системы для расчёта рейтинга преподавателей на основе квалиметрического подхода и онтологии / С.С. Сосинская, Р.С. Дорофеев, А.С. Дорофеев // Онтология проектирования, 2019. – Т.9. – №2(32). – С.214-224. – DOI:10.18287/2223-9537-2019-9-2-214-224.
17. Смирнов С.В. Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // Онтология проектирования, 2013. – № 2. – С. 12-19.
18. Kudryavtsev D., Gavrilova T. Diagrammatic knowledge modeling for managers – Ontology-based Approach. Proceedings of the International Conference on knowledge engineering and ontology development (KEOD-2011), 2011, pp. 386-389, ISBN: 978-989-8425-80-5, available at: <https://www.scitepress.org/papers/2011/36401/36401.pdf>, DOI:10.5220/0003640103860389 (accessed: 11/14/2023).
19. Массель Л.В. Онтологические аспекты исследования взаимовлияния энергетики и геоэкологии / Л.В. Массель, И.Ю. Иванова, Т.Н. Ворожцова, и др. // Онтология проектирования, 2018. – Т.8. – № 4(30). – С. 550-561. – DOI:10.18287/2223-9537-2018-8-4-550-561.
20. Асламова В.С. Регрессионные модели оценки комплексного техногенного загрязнения атмосферы городов Иркутского региона / В.С. Асламова, О.С. Плеханова, А.А. Асламов // Математические методы в технологиях и технике, 2023. – № 8. – С. 62-65.
21. Аршинский Л.В. Необходимость и достаточность при агрегировании на основе неубывающих функций / Л.В. Аршинский, В.Л. Аршинский // Онтология проектирования, 2022. – Т.12. – №1(43) . – С. 93-105. – DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-93-105.
22. Волкодаева М.В. Учёт выбросов загрязняющих веществ от автономных источников теплоснабжения индивидуальных жилых домов при проведении сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха для

- населённых пунктов / М.В. Волкодаева, А.О. Карелин, А.Ю. Ломтев и др. // Гигиена и санитария, 2023. – 102(2). – С. 141-147.
23. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2022 году». – Иркутск: ООО «Максима», 2023 г. – 285 с.: ил.
24. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2 (ред. от 30.12.2022) «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека среды обитания»». – URL: <https://base.garant.ru/400274954/> (дата обращения: 02.11.2023).
25. РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию. Дата введения 2006.02.01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200067118> (дата обращения: 08.10.2023).
26. Аргучинцева А.В. Потенциал самоочищения атмосферы / А.В. Аргучинцева, Е.А. Кочугова // Известия Иркутского государственного университета. Наука о Земле, 2019. – Т. 27. – С. 3-15.
27. Селегей Т.С. Потенциал рассеивающей способности атмосферы / Т.С. Селегей, И.П. Юрченко // География и природные ресурсы, 1990. – № 2. – С. 132-137.

Асламова Вера Сергеевна. Профессор, доктор технических наук, профессор кафедры Техносферная безопасность Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС), AuthorID: 683194, SPIN: 3063-0626, ORCID:0000-0003-3306-0651, aslamovav@yandex.ru, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15.

Плекханова Ольга Сергеевна. Соискатель, ассистент кафедры Информационные системы и защита информации Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС), AuthorID: 641329, SPIN: 2708-5758, ORCID:0000-0001-6297-8870, plekhanova_os@bk.ru, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15.

UDC 504.3.054: (004.822+504.05+519.876.2)

DOI:10.25729/ESI.2024.33.1.004

Ontological modeling of the subject area “Anthropogenic air pollution”

Vera S. Aslamova, Olga S. Plekhanova

Irkutsk State Transport University, Russia, Irkutsk, aslamovav@yandex.ru

Abstract. The article presents ontologies of the subject area “Anthropogenic air pollution”, describing classes of pollution sources, causes and types of pollutants, indicators of atmospheric air quality with an indication of the factors influencing it and methods of the designed information system. Based on ontologies, an information system database will be formed. To assess the level of atmospheric pollution, a model of an aggregate complex indicator is proposed, taking into account the maximum permissible concentrations and the number of times they exceed the actual average annual concentrations of pollutants, their hazard class and annual emission masses, and the distance from the emission source.

Keywords: atmospheric air, pollutant, ontological model, aggregate complex indicator, pollution level

References

1. Vorozhtsova T.N. Ontologicheskii analiz vzaimosvyazey energeticheskikh i sotsioekologicheskikh system [Ontological analysis of the relationships between energy and socio-ecological systems]. *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and mathematical technologies in science and management], 2022, no. 2(26), pp. 127-138, DOI:10.38028/ESI.2022.26.2.012.
2. Vorozhtsova T.N., Pesterev D.V., Kuzmin V.R. Semanticheskoye modelirovaniye v issledovaniyakh ustoychivosti energeticheskikh i sotsio-ekologicheskikh system [Semantic modeling in sustainability studies of energy and socio-ecological systems]. *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and mathematical technologies in science and management], 2021, no. 4 (24), pp. 31-43, DOI:10.38028/ESI.2021.24.4.003.
3. Massel' L.V. Primeneniye ontologicheskogo, kognitivnogo i sobytiynogo modelirovaniya dlya analiza razvitiya i posledstviy chrezvychaynykh situatsiy v energetike [Application of ontological, cognitive and event modeling to analyze the development and consequences of emergency situations in the energy sector]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy* [Problems of safety and emergency situations], 2010, no. 2, pp. 34-43.

4. Vorozhtsova T.N., Maysyuk E.P., Ivanova I.Yu. Komponenty ontologicheskogo prostranstva znaniy dlya otsenki vliyaniya energetiki na kachestvo zhizni naseleniya [Components of the ontological knowledge space for assessing the impact of energy on the quality of life of the population]. *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and mathematical technologies in science and management], 2021, no. 3 (23), pp. 17-27. DOI:10.38028/ESI.2021.23.3.002.
5. Vorozhtsova T.N., Maysyuk E.P., Ivanova I.Yu. Sistema ontologiy dlya issledovaniya antropogennogo vliyaniya ob"yektov energetiki na okruzhayushchuyu sredu [Ontology system for studying the anthropogenic impact of energy facilities on the environment]. *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and mathematical technologies in science and management], 2020, no. 1(17), pp. 89-104. DOI:10.38028/ESI.2020.17.1.007.
6. Kalach A.V., Nicheporchuk V.V., Kalach Ye.V., Kubasov I.A. Proyektirovaniye sistem podderzhki upravleniya prirodno-tekhnogennoy bezopasnost'yu territoriy s ispol'zovaniyem ontologiy [Design of support systems for managing natural and man-made safety of territories using ontologies]. *Vestnik VGU. Sistemnyy analiz i informatsionnye tekhnologii* [VSU Bulletin. System analysis and information technology], 2021, no. 3, pp. 95- 105, DOI: 10.17308/sait.2021.3/3739.
7. Shul'ga T.Je., Nikulina Ju.V. Ontologicheskaja model' predmetnoj oblasti "Sistemy protivopozharnoj bezopasnosti" [Ontological model of the subject area "Fire safety systems"]. *Izvestiya SPbGTI(TU)* [News of SPbGTI (TU)], 2019, no. 51(77), pp. 109-114.
8. Sytnik A.A., Shul'ga T.Je., Danilov N.A. Ontologija predmetnoj oblasti "Udobstvo ispol'zovaniya programmogo obespechenija" [Ontology of the subject area "Ease of use of software"]. *Trudy ISP RAN* [Proceedings of ISP RAS], 2018, vol. 30, issue. 2, pp. 195-214, DOI:10.15514/ISPRAS-2018-30(2)-10.
9. Nasedkin P.N., Arshinskij L.V. Ocenka sostojaniya kompleksnoj sistemy zashhity informacii na osnove ontologij [Assessment of the state of an integrated information security system based on ontologies] *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and mathematical technologies in science and management], 2023, no. 1(29), pp. 158-177, DOI:10.38028/ESI.2023.29.1.014.
10. Vorozhcova T.N., Makagonova N.N., Massel' L.V. Ontologicheskij podhod k proektirovaniyu bazy dannyh dlja ocenki vlijaniya jenergetiki na okruzhajushhuyu sredu [Ontological approach to database design for assessing the impact of energy on the environment]. *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and mathematical technologies in science and management], 2019, no. 3 (15). pp. 31-41, DOI: 10.25729/2413-0133-2019-3-03.
11. Gavrilova T.A., Leshheva I.A. Ponyatiynnye struktury znaniy i kognitivnyy stil' [Conceptual structures of knowledge and cognitive style]. *Psihologija. Vyshej shkoly jekonomiki* [Psychology. Higher school of economics], 2016, v. 13, no. 1, pp. 154-176.
12. Gavrilova T.A., Strahovich Je.V. Vizual'no-analiticheskoye myshleniye i intellekt-karty v ontologicheskome inzhiniringe [Visual-analytical thinking and mind maps in ontological engineering]. *Ontologiya proyektirovaniya* [Design ontology], 2020, v. 10, no. 1(35), pp.87-99, DOI:10.18287/2223-9537-2020-10-1-87-99.
13. Gavrilova T.A., Leshheva I.A., Strahovich Je.V. Ob ispol'zovanii vizual'nykh kontseptual'nykh modeley v prepodavanii [On the use of visual conceptual models in teaching]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Menedzhment* [Bulletin of St. Petersburg University. Management], 2011, no. 4, 124-150.
14. Temnikova E.A., Aslamova V.S. Avtomatizirovannaja sistema monitoringa uchebnogo processa i ontologija predmetnoj oblasti dlja uchebnogo centra [Automated system for monitoring the educational process and ontology of the subject area for the educational center]. *Voprosy yestestvoznaniya* [Questions of natural science], 2014, no. 1 (2), pp. 42-48.
15. Temnikova Ye.A., Aslamova V.S., Berestneva O.G. Ontologicheskoye modelirovaniye predmetnoy oblasti uchrezhdeniya dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya [Ontological modeling of the subject area of an institution of additional professional education]. *Ontologiya proyektirovaniya* [Ontology of design], 2015, no. 4 (18), pp. 369-385.
16. Sosinskaya S.S., Dorofeyev R.S., Dorofeyev A.S. Razrabotka sistemy dlya raschota reytinga prepodavateley na osnove kvalimetriceskogo podkhoda i ontologii [Development of a system for calculating teacher ratings based on the qualimetric approach and ontology]. *Ontologiya proyektirovaniya* [Design ontology], 2019, v. 9, no. 2(32), pp.214-224, DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-2-214-224.
17. Smirnov S.V. Ontologii kak smyslovyye modeli [Ontologies as semantic models]. *Ontologija proektirovaniya* [Design Ontology], 2013, no. 2, pp.12-19.
18. Kudryavtsev D., Gavrilova T. Diagrammatic knowledge modeling for managers – Ontology-based Approach. *Proceedings of the International Conference on knowledge engineering and ontology development (KEOD-2011)*, 2011, pp. 386-389, ISBN: 978-989-8425-80-5, available at: <https://www.scitepress.org/papers/2011/36401/36401.pdf>, DOI:10.5220/0003640103860389 (accessed: 11/14/2023).

19. Massel' L.V., Ivanova I.YU., Vorozhtsova T.N., et al. Ontologicheskiye aspekty issledovaniya vzaimovliyaniya energetiki i geoekologii [Ontological aspects of studying the mutual influence of energy and geoecology]. Ontologiya proyektirovaniya [Ontology of design], 2018, v. 8, no. 4(30), pp. 550-561, DOI:10.18287/2223-9537-2018-8-4-550-561
20. Aslamova V.S., Plekhanova O.S., Aslamov A.A. Regressionnyye modeli otsenki kompleksnogo tekhnogennoho zagryazneniya atmosfery gorodov Irkutskogo regiona [Regression models for assessing complex technogenic atmospheric pollution in cities of the Irkutsk region]. Matematicheskiye metody v tekhnologiyakh i tekhnike [Mathematical methods in technologies and engineering], 2023, no. 8, pp. 62-65.
21. Arshinskiy L.V., Arshinskiy V.L. Neobkhodimost' i dostatochnost' pri agregirovani na osnove neubyvayushchikh funktsiy [Necessity and sufficiency in aggregation based on nondecreasing functions]. Ontologiya proyektirovaniya [Design ontology], 2022, v.12, no. 1(43), pp. 93-105, DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-93-105.
22. Volkodayeva M.V., Karelin A.O., Lomtev A.YU. et al. Uchot vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv ot avtonomnykh istochnikov teplosnabzheniya individual'nykh zhilykh domov pri provedenii svodnykh raschetov zagryazneniya atmosfernogo vozdukh dlya naselennykh punktov [Accounting for emissions of pollutants from autonomous sources of heat supply to individual residential buildings when conducting summary calculations of atmospheric air pollution for populated areas]. Gigiyena i sanitariya [Hygiene and Sanitation], 2023, no. 102(2), pp. 141-147.
23. Gosudarstvennyj doklad "O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Irkutskoj oblasti v 2022 godu" [State report "On the state and protection of the environment of the Irkutsk region in 2022"], Irkutsk, Maxima LLC, 2023, 285p.
24. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha ot 28.01.2021 N 2 (red. ot 30.12.2022) "Ob utverzhdenii sanitarnykh pravil i norm SanPiN 1.2.3685-21 "Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniju bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlja cheloveka sredy obitaniya" [Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 28.01.2021 N 2 (as amended on 30.12.2022) "On approval of sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring safety and (or) harmlessness to humans habitat."], available at: <https://base.garant.ru/400274954/> (accessed 11/02/2023).
25. RD 52.04.667-2005. Dokumenty o sostojanii zagryazneniya atmosfery v gorodakh dlya informirovaniya gosudarstvennykh organov, obshchestvennosti i naseleniya. Obshchiye trebovaniya k razrabotke, postroyeniyu, izlozheniyu i sodержaniyu. Data vvedeniya 2006.02.01 [Documents on the state of air pollution in cities to inform government agencies, the public and the population. General requirements for development, construction, presentation and content. Date of introduction 2006.02.01], available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200067118> (accessed: 10/08/2023).
26. Arguchintseva A.V., Kochugova Ye.A. Potentsial samoochishcheniya atmosfery [Potential for self-purification of the atmosphere]. Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle [News of Irkutsk State University. Earth Sciences], 2019, v. 27, pp. 3-15.
27. Selegey T.S., Yurchenko I.P. Potentsial rasseivayushchey sposobnosti atmosfery [Potential of the scattering ability of the atmosphere]. Geografiya i prirod. Resursy [Geography and nature. Resources], 1990. no. 2, pp. 132-137.

Aslamova Vera Sergeevna. Professor, doctor of technical sciences, professor of the department of Technosphere safety at the Irkutsk state university of transport and communications (IrGUPS), AuthorID: 683194, SPIN: 3063-0626, ORCID: 0000-0003-3306-0651, aslamovav@yandex.ru, 664074, Irkutsk, st. Chernyshevsky, 15.

Plekhanova Olga Sergeevna. Applicant, assistant at the department of Information systems and information security at the Irkutsk state university of transport and communications (IrGUPS), AuthorID: 641329, SPIN: 2708-5758, ORCID: 0000-0001-6297-8870, plekhanova_os@bk.ru, 664074, Irkutsk, st. Chernyshevsky, 15.

Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 26.01.2024; принята к публикации 05.03.2024.

The article was submitted 11/27/2023; approved after reviewing 01/26/2024; accepted for publication 03/05/2024.