ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISK IMPACT ON THE ENVIRONMENT DURING THE DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION OF ROADS

УДК 504.05+504.06

Стебеков Дмитрий Евгеньевич, магистрант, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Меллер Наталья Владиславовна, Кандидат экономических наук, Доцент кафедры управления строительством и ЖКХ, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Stebekov D.E. dima_stebekov@mail.ru

Meller N.V. mellernv@tyuiu.ru

Аннотация

Загрязнение окружающей среды считается одной из основных проблем при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. Существуют разные типы влияния на окружающую среду. Индикаторы воздействия, такие как след парниковых газов (ПГ), потенциал эвтрофикации (ПЭ), потенциал подкисления (ПП), потенциал влияния на здоровье человека (ПЧ) твердых частиц, потенциал разрушения озона (ПО) и смог (ПС). Каждый из этих показателей воздействия на окружающую среду и здоровье человека могут быть связаны с различными этапами реализации жизненного цикла проекта автомобильной дороги.

Общие показатели воздействия на окружающую среду можно разделить на прямые, косвенные и операционные. В этой статье представлена методология информационного моделирования (BIM) для оценки воздействия экологического риска на окружающую среду при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. Модель учитывает общий жизненный цикл проекта строительства автомобильной дороги, который делится на: этап проектирования, этап транспортировки, этап строительства, этап обслуживания, этап эксплуатации, этап утилизации и этап реконструкции. Представлено тематическое исследование, демонстрирующее применимость предложенной модели. Предлагаемая модель нацелена на решение проблемы у проектных групп дорожного строительства, которые хотят оценить показатели воздействия экологического риска на окружающую среду, связанные с их проектом, еще на ранних стадиях жизненного цикла, таких как прединвестиционная.

Annotation

Environmental pollution is considered one of the main problems in the design, construction and operation of highways. There are different types of environmental impacts. Impact indicators such as greenhouse gas footprint (GHG), eutrophication potential (PE), acidification potential (PP), human health potential (HP) of particulate matter, ozone depletion potential (OO) and smog (PS). Each of these indicators of impact on the environment and human health can be associated with different stages of the life cycle of a road project.

General indicators of environmental impact can be divided into direct, indirect and operational. This article presents an Information Modeling (BIM) methodology for assessing the impact of environmental risk on the environment in the design, construction and operation of highways. The model considers the general life cycle of a road construction project, which is divided into: design phase, transportation phase, construction phase, maintenance phase, operation phase, disposal phase and reconstruction phase. A case study is presented demonstrating the applicability of the proposed model. The proposed model is aimed at solving the problem of road

construction project teams who want to assess the indicators of the environmental risk impact on the environment associated with their project, even in the early stages of the life cycle, such as pre-investment.

Ключевые слова: оценка экологического риска; показатели воздействия на окружающую среду; методология информационного моделирования (BIM).

Keywords: environmental risk assessment; indicators of impact on the environment; information modeling methodology (BIM).

Количественная оценка показателей воздействия экологического риска на окружающую среду, которые связанны с проектом строительства автомобильной дороги при использовании BIM. Это достигается за счет развития логической модели экологического информационного моделирования (EBIM). Модель решает серьезную проблему для проектных групп дорожного проектирования и строительства, которые хотят определить и количественно оценить воздействие экологического риска на окружающую среду и здоровье человека, а также выявить индикаторы, связанные с их проектами до начала выполнения работ на первичных стадиях реализации.

EBIM состоит из семи этапов, как показано на рисунке 1:

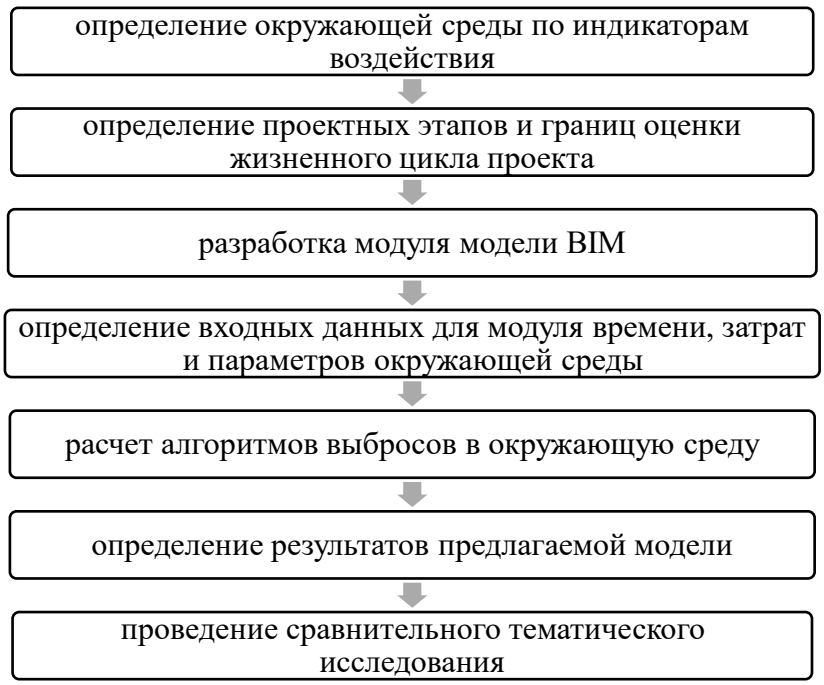

Рисунок 1 - Методология экологического информационного моделирования (EBIM) и разработка модели

1. Определение показателей воздействия на окружающую среду

Индикаторы воздействия на окружающую среду были определены путем обзора литературы в области экологии и охраны окружающей среды с использованием косвенного метода и двухэтапной технологии расчета по методу «Дельфи» для обеспечения согласованного упорядочения индикаторов. На основании чего показатели воздействия на окружающую среду можно разделить на: воздействие от парниковых газов (ПГ), воздействие на потенциал подкисления (ПП), воздействие на здоровье человека (ПЧ) твердых частиц, воздействие на потенциал эвтрофикации (ПЭ), воздействие на истощение озонового слоя (ПО) и воздействие на смог (ПС).

Показатели воздействия на окружающую среду следует оценивать с точки зрения прямых, косвенные и операционных выбросов.

2. Определение проектных этапов и границ оценки жизненного цикла проекта автомобильной дороги

Проектную деятельность по строительству дороги можно разделить на восемь видов деятельности: выполнение земляных работ, отсыпка насыпи, укладка основания, установка бордюрного камня, изоляция грунтов, изоляция защитных слоев, устройство стабилизированной основы грубым способом. Каждое из этих мероприятий будет оценивается по времени, необходимому для выполнения работ, стоимости жизненного цикла, показателям воздействия на окружающую среду. Предлагаемая модель учитывает разные этапы проекта, которые включают этап производства, этапы транспортировки до места строительства, этап строительства, фаза технического обслуживания, фаза утилизации, а также фаза демонтажа и сноса, полный жизненный цикл проекта автомобильной дороги.

Граница системы оценки определяет входы (материалы, энергия и оборудование) вместе с выходом (выбросы) на каждом этапе в процессе

жизненного цикла (производство, транспортировка, строительство, обслуживание, утилизация, демонтаж и снос). Следовательно, система будет управлять входами и выходами.

3. Разработка модуля модели BIM

Третий шаг предлагаемой модели - разработка модуля BIM. Модули составляют базу данных, которая используется для расчета показателей воздействия экологического риска на окружающую среду в параметрах времени, стоимость жизненного цикла, общие показатели воздействия на окружающую среду и затрат первичной энергии, связанных с автомобильной дорогой, а также этапы строительных процессов. BIM модель рассчитывает различные воздействия экологического риска на окружающую среду для проект строительства автомобильной дороги, например, воздействие на выброс парниковых газов (ПГ), влияние на потенциал подкисления (ПП), воздействие на здоровье человека (ПЧ) твердых частиц, влияние на потенциал эвтрофикации (ПЭ), воздействие на истощение озона (ПО) и воздействие на смог (ПС) применительно к различным жизненным циклам строительного проекта.

4. Определение входных данных для модуля времени, затрат и модуля окружающей среды

Предлагаемый алгоритм модели рассчитывает время, стоимость жизненного цикла, воздействие на окружающую среду и основные источники энергия для строительного проекта. Модуль разделен на три части, в которых подразделение времени, подразделение затрат и подразделение параметров окружающей среды. Необходимо задать определенные данные в каждом подразделение. Необходимо определить количество бригад, производительность бригад и характер бригад для временного разделения.

Входными данными для разделения времени является количество выполняемой работы, производительность бригад при выполнении работ, эффективность бригад при выполнении работ и количество бригад, доступных для выполнения работ.

Для разделения окружающей среды, необходимо определить относительные параметры характерные для различных индикатор воздействия окружающей среды.

Для разделения затрат необходимо иметь информацию о стоимости, чтобы иметь возможность вычислить стоимость жизненного цикла строительного проекта, такие как минимальная привлекательная норма прибыли (МПНП), стоимость обслуживания за год, стоимость обслуживания за определенный период времени и срок службы для примера, 25, 50 и 100 лет.

5. Расчет алгоритмов выбросов в окружающую среду

Данный расчет воздействия экологического риска на окружающую среду предполагает модель вычисления времени, стоимости жизненного цикла, воздействие на окружающую среду и расчет первичной энергия. Время рассчитывается исходя из количества выполняемая работа, продуктивности бригады при выполнении работ, работоспособность бригады и количество бригад, доступных для выполнения работ.

5.1 . Расчеты показателей воздействия на окружающую среду

Общее воздействие проекта строительства дороги на окружающую среду можно разделить на три основные группы: прямые, косвенные и промышленные выбросы. Общее воздействие на окружающую среду равно сумме прямых, косвенных и промышленных выбросов. Прямые выбросы можно определить как «выбросы, которые напрямую связаны с процессами строительства на месте и рассчитываются на основе количества топлива, израсходованного оборудованием во время этапа строительства».

Прямые выбросы равны выбросам от строительства в дополнение к выбросам транспортных средств, переработке, демонтажу и ремонту / техническому обслуживанию. Общие прямые выбросы рассчитываются с использованием уравнения 1.

$$ПВ = Т_1 * \left(\frac{ПГ}{\sum ПГ}\right) + Т_2 * \left(\frac{ПП}{\sum ПП}\right) + Т_3 * \left(\frac{ПЧ}{\sum ПЧ}\right) + Т_4 * \left(\frac{ПЭ}{\sum ПЭ}\right) + Т_5 * \left(\frac{ПО}{\sum ПО}\right) + Т_6 * \left(\frac{ПС}{\sum ПС}\right) \quad (1)$$

где: ПВ - общие прямые выбросы, Т1, Т2, Т3, Т4, Т5 и Т6 - индексы модификации, воздействия парниковых газов (ПГ), влияния потенциала

подкисления (ПП), влияние на здоровье человека (ПЧ) твердых частиц, влияние потенциала эвтрофикации (ПЭ), влияние на разрушение озона (ПО) и воздействие от смога (ПС). Каждый индекс модификации равен индексу серьезности, умноженному на соответствующий взвешенный процент.

ПГ, ПП, ПЧ, ПЭ, ПО, ПС - представляют собой созданные потенциалы на этапах строительства, транспортировки, технического обслуживания, демонтажа и сноса строительного объекта соответственно.

$\sum ПГ, ПП, ПЧ, ПЭ, ПО, ПС$ - представляют потенциальные суммы для строительного проекта, включая прямые и косвенные выбросы.

Шесть весов параметров (W1, W2, W3, W4, W5 и W6) назначаются к каждому виду показателей воздействия на окружающую среду. Эти взвешенные проценты представляют собой процент от воздействие на следы парниковых газов (ПГ), влияние на потенциал подкисления (ПП), воздействие на человека здоровье (ПЧ) твердых частиц, влияние на потенциал эвтрофикации (ПЭ), влияние на разрушение озона (ПО) и воздействие на смог (ПС) соответственно. Сумма взвешенных процентов должна равняться 1.

Косвенные выбросы относятся к «выбросам, которые производятся в процессе строительства вне строительной площадки». Они включают производство, транспортировку выбросов за пределы объекта и эксплуатацию. Косвенные выбросы вычисляются с по уравнению 2.

$$КВ = \frac{Т_1 * ПГ'}{\sum ПГ'} + \frac{Т_2 * ПП'}{\sum ПП'} + \frac{Т_3 * ПЧ'}{\sum ПЧ'} + \frac{Т_4 * ПЭ'}{\sum ПЭ'} + \frac{Т_5 * ПО'}{\sum ПО'} + \frac{Т_6 * ПС'}{\sum ПС'} \quad (2)$$

где: ПГ′, ПП′, ПЧ′, ПЭ′, ПО′, ПС′ - представляют собой потенциалы, полученные в результате материального производства на этапах и строительства и транспортировки за пределы площадки.

Эксплуатационные выбросы - это выбросы, возникающие в результате повседневной эксплуатации объекта после его ввода в эксплуатацию и до конца его оставшегося жизненного цикла. Они возникают из четырех основных источников: электричества, природного газа, дизельного топлива и бензина. Промышленные выбросы от потребления электроэнергии, используемой для

освещения дорог, и от потребления различных видов топлива автомобилями и строительной техникой на этапе эксплуатации.

Общие промышленные выбросы - это сумма промышленных выбросов от воздействия парниковых газов. (ПГ), воздействие на диоксид серы, воздействие на твердые частицы и воздействие на смог. Общее количество диоксида углерода можно рассчитать, умножив количество каждого парникового газа на потенциал глобального потепления (GH). Производственные выбросы можно рассчитать с помощью уравнения 3.

$$\text{ПрВ} = \left(\text{К}_{\text{ПГ}} * \sum_{t=0}^{t} \text{ПГ} + \text{К}_{\text{ЭЭ}} * \sum_{t=0}^{t} \text{ЭЭ} \right) * S_{\text{ОБ}} * T_{\text{СС}} \qquad (3)$$

$\sum_{t=0}^{t} \text{ПГ}$ и $\sum_{t=0}^{t} \text{ЭЭ}$ – это общее количество потребляемой электроэнергии и природного газа. Потребление соответственно за весь срок эксплуатации объекта строительства, равное среднему потребление электроэнергии и природного газа, умноженное на площадь застройки – $S_{ОБ}$ проект и срок службы объекта - $T_{СС}$.

$К_{ПГ}$ и $К_{ЭЭ}$ - представляют собой потенциальные коэффициенты выбросов от потребления электроэнергии и воздействия на выбросы парниковых газов (ПГ).

5.2. Расчет стоимости жизненного цикла

Стоимость жизненного цикла – это эквивалентная годовая стоимость для различных компонентов затрат, которая рассчитывается с использованием минимальной привлекательной нормы прибыли (МПНП). Стоимость жизненного цикла рассчитывается с использованием уравнения 4.

$$С_{ЖЦ} = С_{РАБ.СИЛА} + С_{ОБОР} + С_{МАТ} + С_{ОБС.ГОД} + С_{ПОЛН.ОБС.} + С_{РАЗ.ОПЛ.} \qquad (4)$$

где: $С_{ЖЦ}$ – общая стоимость жизненного цикла;

$С_{РАБ.СИЛА}$, $С_{ОБОР}$, $С_{МАТ}$, $С_{ОБС.ГОД}$, $С_{ПОЛН.ОБС.}$, $С_{РАЗ.ОПЛ.}$ - эквивалентная годовая стоимость затрат на рабочую силу, стоимости оборудования, стоимости материалов, стоимость обслуживания в год, стоимость обслуживания / период времени и разовая оплата.

5. Определение результатов предлагаемой модели

Шестой шаг - вычисление времени, жизненного цикла, воздействия экологического риска на окружающую среду.

6. Проведение сравнительного тематического исследования

В этом разделе проводится сравнительное исследование, чтобы продемонстрировать результаты, полученные из описанной выше модели, и для проверки результатов путем сравнения результатов, полученных из программного обеспечения с результатами.

Из-за чрезмерного использования строительной техники (грузовые автомобили, погрузчики, экскаваторы) при строительстве дорог, возникло влияние на потенциальные выбросы подкисления. Влияние на потенциальные выбросы подкисления может оказать серьезное влияние на здоровье гражданского населения (косвенно) через воздействие на водную биосферу, а также на растения и животных. Воздействие на потенциал подкисления может вызвать респираторные заболевания у человека или усугубляют эти болезни. Респираторные заболевания, такие как астма или хронический бронхит, затрудняют дыхание человека. Кроме того, экологические последствия кислотных дождей наиболее ярко проявляются в водной среде, такие как ручьи, озера и болота, где идет влияние на рыб и других диких животных. Мертвые или умирающие деревья - обычное явление в районах, пострадавших от кислотных дождей. Кислотный дождь вымывает алюминий из почвы. Этот алюминий может быть вредным как для растений, так и для животных. Кислотный дождь также удаляет минералы и питательные вещества из почвы, необходимые для роста деревьев.

Далее, на основании анализа данной модели предлагаются стратегии смягчения последствий, которые будут использоваться в другой модели, которая способна снизить количество строительных отходов, образующихся при строительстве автомобильных дорог. Девять стратегий смягчения последствий, которые должны быть реализованы, перечислены ниже:

1. Информировать участников дорожно-строительных проектов о важности воздействия экологического риска на окружающую среду и здоровье человека через индикаторы управления.
2. Фирмы по строительству дорожной-транспортной инфраструктуры должны принять международные стандарты, такие как системы экологического менеджмента (EMS), которые позволяют фирме выявлять возможности для снижения показателей воздействия экологического риска на окружающую среду.
3. Компании по строительству дорожной-транспортной инфраструктуры должны применять новейшие экологические технологии, чтобы уменьшить количество показателей воздействия экологического риска на окружающую среду, например, предложенные в экологической технологической политики Агентства по охране окружающей среды (EPA). Программа EPA предоставляет процесс проверки эффективности инновационных экологических технологий. В дорожно-строительном секторе программа EPA основана на технологии сокращения выбросов.
4. Дорожно-строительные компании, применяющие индикаторы воздействия экологического риска на окружающую среду, должны использовать программы поддержки государства: грантовые программы, которые обеспечивают прямое финансирование, владельцам оборудования должны заменить старое оборудование на новое, а также налоговые льготы, которые предлагают, налоговые вычеты или налоговые льготы для использования технологий для снижения выбросов.
5. Увеличить количество строительной техники, работающей на природном газе, а не на дизельном топливе. Применяя эту стратегию, можно уменьшить воздействие на окружающую среду.
6. Правительство должно принять закон, который поощряет расширение производства биотоплива и снижает количество оборудования, работающего на природном газе и дизельном топливе.

7. Замена невозобновляемых природных заполнителей на вторичные заполнители и, в частности, вторичные агрегаты, полученные из промышленных отходов и побочных продуктов.
8. Использование методов рециркуляции в проектах восстановления дорог, особенно утилизация на месте.
9. Использование холодных асфальтобетонных смесей вместо горячих асфальтобетонных смесей.

Выводы: был разработан трехмерный модуль модели BIM, который может рассчитывать время, стоимость жизненного цикла, общее воздействие на окружающую среду и первичную энергию, связанную с процессами дорожного строительства.

Полученные результаты модели показали, что показатели воздействия на окружающую среду имеют негативные последствия как для окружающей среды, так и для людей. Был разработан набор стратегий смягчения последствий для предотвращения негативных влияний. Таким образом, правительство должно адаптировать сильное законодательство для поощрения процедуры обращения с отходами и снижение общего воздействия на окружающую среду. Модель может применяться к любому другому типу строительного проекта. Результаты предложенной модели с учетом представленных рекомендаций будут представлены в другой модели, которая смягчает и сокращает количество образующихся отходов в проектах дорожного строительства с использованием системной динамики.

Литература

1. Экологическая безопасность автомобильной дороги: понятие и количественная оценка : отраслевой дорожный методический документ. Утв. распоряжением Минтранса России от 31.12.2002 № ОС-1181-р/ Министерство транспорта РФ; Гос.служба дорожного хозяйства. Москва, 2002.

2. ОДМ 218.6.027-2017 "Рекомендации по проведению аудита безопасности дорожного движения при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог"
3. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Государственная программа «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 годы. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/81d/gosprogramma%202012_2020.pdf (дата обращения: 20.02.2021).
4. СТО АВТОДОР 9.2-2017 «Руководство по оценке риска на стадиях жизненного цикла автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» (приказ от 28.12.2017 № 381)
5. ГОСТ Р 14.09-2005. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Электронный ресурс]. URL: wgost.ru (20.02.2021).
6. ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения риска [Электронный ресурс]. URL: wgost.ru (20.02.2021).
7. Петросян Т.О., Сидоренко В.Ф. Экологическая безопасность автомобильных дорог // Вестник Волгоградского гос. архитектурно-строительного ун-та. Серия: Строительство и архитектура. 2012. № 28 (47). С. 333-335.
8. Товкан М.М. Процесс управления экологическими рисками как управленческий аспект деятельности хозяйственного объекта - 2012. - № 4(36). - С. 83-88.
9. Столяров В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска / В.В. Столяров; Сарат. гос. техн. ун-т.-Саратов: СГТУ, 1994. Ч. 1. - 1994. - 184 с.
10. Сугак Е.В. Современные методы оценки экологических рисков // European Social Science Journal (Европейский журнал социальных наук). 2014. № 5 (44). Т. 2. С. 427–433.

Literature

1. Environmental safety of the road: concept and quantitative assessment: industry road methodological document. Approved. by order of the Ministry of Transport of Russia dated December 31, 2002 No. OS-1181-r / Ministry of Transport of the Russian Federation; State service of road facilities. Moscow, 2002.
2. ODM 218.6.027-2017 "Recommendations for the audit of road safety in the design, construction and operation of highways"
3. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation. State Program "Environmental Protection" for 2012–2020. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/81d/gosprogramma% 202012_2020.pdf (date accessed: 20.02.2021).
4. STO AVTODOR 9.2-2017 "Guidelines for Risk Assessment at the Stages of the Life Cycle of Highways of the State Company Avtodor" (Order No. 381 of 28.12.2017)
5. GOST R 14.09-2005. Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment [Electronic resource]. URL: wgost.ru (20.02.2021).
6. GOST R 51897-2002. Risk management. Terms and definitions of risk [Electronic resource]. URL: wgost.ru (20.02.2021).
7. Petrosyan T.O., Sidorenko V.F. Environmental safety of highways // Bulletin of the Volgograd State. architectural and construction un-that. Series: Building and architecture. 2012. No. 28 (47). S. 333-335.
8. Tovkan M.M. Environmental Risk Management Process as a Management Aspect of an Economic Facility Activity - 2012. - No. 4 (36). - S. 83-88.
9. Stolyarov V.V. Design of highways considering the theory of risk / V.V. Stolyarov; Sarat. state tech. un-t-Saratov: SSTU, 1994. Part 1. - 1994. - 184 p.
10. Sugak E.V. Modern methods of assessing environmental risks // European Social Science Journal (European Journal of Social Sciences). 2014. No. 5 (44). T. 2.P. 427–433.