

УДК [625.711.84:630*375.5]:502

А. С. Федькин, аспирант (БГТУ);**И. И. Тумашик**, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана (БГТУ)**ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ
«ЛЕСНАЯ ДОРОГА – АВТОМОБИЛЬ» НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

В статье рассмотрены проблемы влияния компонентов системы «лесная дорога – автомобиль» на окружающую среду, приведена структура данного взаимодействия. Указаны предложения, направленные на снижение отрицательного влияния дорожно-транспортного комплекса на экологию.

The paper considers the problem of the influence of the components of "forest road – the car" on the environment and shows the structure of this interaction. The proposals, aimed at reducing the negative impact of road transport industry on the environment.

Введение. Одним из основных факторов, который напрямую оказывает влияние на качество жизни людей, является технологическое состояние окружающей среды. В настоящее время в дорожно-строительной отрасли не обеспечивается комплексный подход при решении рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, недостаточно внедряются малоотходные и безотходные технологические процессы. При этом особое внимания заслуживают лесные автомобильные дороги.

В настоящее время протяженность лесных грунтовых автомобильных дорог, проходящих по территории лесного фонда Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, составляет около 105 225 км [1]. И если учесть, что общая площадь лесного фонда Минлесхоза составляет 8,04 млн. га [2], а средняя ширина зоны влияния дороги 400 м (по 200 м в обе стороны), то загрязнение, вызванное строительством и, особенно, эксплуатацией дорог, распространяется на 42 090 км² (около 4,21 млн. га).

Основная часть. Влияние автомобильной дороги на окружающую среду можно охарактеризовать с нескольких позиций: 1) истощение природных ресурсов за счет использования дорожно-строительных материалов и отвода земель; 2) технологическое загрязнение. Особенно актуальны данные вопросы при строительстве и эксплуатации автомобильной дороги в лесном массиве.

Автомобильная дорога представляет собой отчужденную у природной среды полосу, которая приспособлена для специального использования – движения автомобилей с заданными техническими и эргономическими показателями. Функциональные параметры данной полосы значительно отличаются от параметров окружающей территории, какое бы назначение и характер она не имела [3].

В сравнении с одиночными объектами производственного назначения (влияние которых на окружающую среду можно считать локальным), дорога является объектом линейным и, захватывая большую территорию, оказывает

воздействие на природную среду на всем своем протяжении. Данное воздействие связано с изменением естественного рельефа земли, изъятием территории и нарушением целостности ландшафта. Кроме всего вышперечисленного, эксплуатация дороги сопровождается не только выбросом вредных веществ в атмосферу, но и оседанием в придорожной полосе пыли, продуктов износа покрытий, тормозных колодок, шин. Это приводит к пагубному влиянию на атмосферный воздух, насыщению почв химическими реагентами и солями.

Все многообразие факторов, влияющих на окружающую среду, невозможно учесть в полной мере. Это обусловлено тем, что одни из них в результате своего воздействия оказывают разное влияние на окружающую среду; другие могут иметь длительный характер воздействия; последствия влияния третьих наступают по мере их накопления, т. е. имеют скачкообразный характер. Учет всех воздействий затруднен в связи с наличием большого количества значащих связей. Математическая интерпретация взаимодействия данных систем имеет сложный характер, поэтому для проведения анализа воздействий при наличии ограниченного объема информации получили распространение качественные методы. Одним из таких методов экологической оценки проектных решений являются «матрицы Леопольда» [3]. Этот тип матрицы дает наглядное представление о структуре взаимодействий, но на данном этапе выявляются только первоначальные изменения окружающей среды и не отображается цепь сложных взаимодействий [4].

Должное внимание необходимо уделить и значимости воздействий, которые напрямую зависят не только от вида, но и от вероятности возникновения и значения физической величины. Физическая величина может выражаться в продолжительности действия, масштабе распространения, интенсивности воздействия. Отрицательное воздействие дороги на окружающую природную среду представлено на рис. 1.



Рис. 1. Отрицательное воздействие дороги на окружающую среду

При рассмотрении взаимоотношения между системами «окружающая среда» и «дорога» в такой матрице по вертикали отмечают определенные характеристики окружающей среды, а по горизонтали – виды взаимодействия на них. Таким образом, если какой-либо процесс, связанный со строительством или эксплуатацией дороги, вызывает изменение определенного компонента окружающей среды, то в матрице отмечается ячейка. Кроме того, отмечается оценка значимости и интенсивности воздействия процесса на природную среду. Затем для определенного варианта проектирования и строительства дороги при помощи математической обработки можно рассчитать интегрированную оценку и путем сравнения выбрать вариант с меньшим ущербом для окружающей среды. В общем виде данной матрицы число компонентов, перечисленных в ее строках, равно 88, а число воздействий, приведенных в столбцах, равно 100. Следовательно, количество возможных взаимодействий равно 8800, но на практике используется только около 25–50 возможных взаимодействий между компонентами [4].

Наиболее часто применяемым методом, который используется для оценки значимости воздействий, является метод сравнения с универсальными стандартами. Но в настоящее время при применении данного метода существует ряд проблемных вопросов, таких как: сведения, на основании которых разработаны

стандарты, носят неполный или недостаточно проверенный характер; отсутствие стандартов на некоторые виды воздействий; непригодность применения стандартов для учета накапливаемых воздействий.

Кроме метода сравнения со стандартами, существует метод оценки значимости, который основан на сопоставлении величины воздействия с усредненными значениями данного параметра. Отличительной особенностью в этом случае является наличие учета «местной ситуации», т. е. при использовании данного метода идет сравнение значений параметров природной среды с фоновыми значениями рассматриваемых параметров [5].

При проведении анализа влияний на окружающую среду необходимо не только прогнозировать абсолютную величину отдельного фактора, но и давать оценку относительного вклада данного фактора. Главным является не проведение описания количества факторов и их характер, а предсказание изменений в окружающей среде. Наряду с этим осуществляется классифицирование значимости влияний на окружающую среду с учетом их взаимовлияний. Пример такой «шкалы значимости», которая представлена в табл. 1, приводит Л. У. Кантер. Данная шкала отражает взаимосвязь экологического эффекта от определенных влияний объекта на окружающую среду с интересами некоторых групп населения, социальными ценностями и т. д. [5].

Таблица 1

Пример шкалы значимости воздействий на экосистемы

Превышаемый порог	Характер нарушений	Ранг значимости
Юридический порог	Превышение стандартов, установленных законом	Наивысшая значимость
Функциональный порог	Неизбежные воздействия, приводящие к необратимому разрушению экосистем	Очень высокая значимость
Порог приемлемости	Воздействия, нарушающие сложившиеся местные нормы	Высокая значимость
Порог предпочтений	Воздействия, касающиеся предпочтений тех или иных групп	Низкая значимость

Взаимодействие окружающей среды с системой «дорога – автомобиль» носит достаточно сложный характер. В первую очередь это связано с большим количеством как отдельных, так и суммарных воздействий на природную среду и наличием неполного представления о реакции окружающей среды на эти воздействия. Для наилучшего представления о характере взаимодействий системы «окружающая среда – автомобильная дорога» приведем следующую схему, где N – подсистема «окружающая среда», R – подсистема «автомобильная дорога» (рис. 2).

Подсистема «окружающая среда» включает в себя большое количество взаимосвязанных между собой компонентов n_i , таких как атмо-

сферный воздух, флора и фауна, поверхностные и подземные воды, почва, естественный ландшафт и т. д. Математически совокупность приведенных компонентов можно представить следующим образом:

$$N = \{n_1, n_2, \dots, n_i\}. \quad (1)$$

Структура подсистемы R «автомобильная дорога» представлена большим количеством связанных между собой компонентов r_i (выражение (2)), воздействующих на окружающую среду (например, влияние отработанных газов, отходов от истирания шин и покрытий, шумовое и вибрационное воздействие):

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_i\}. \quad (2)$$

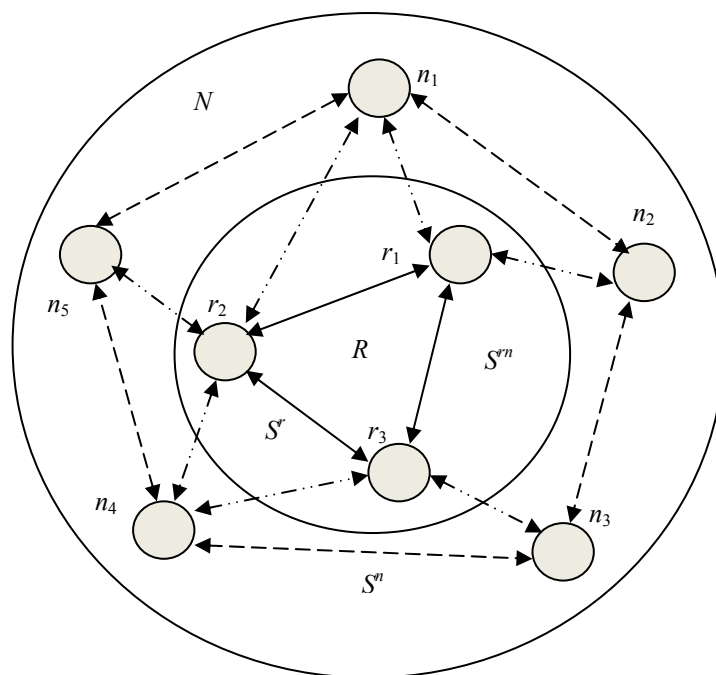


Рис. 2. Взаимодействие подсистемы R «автомобильная дорога» с подсистемой N «окружающая среда»:

n_i – компоненты подсистемы N ; r_i – компоненты подсистемы R ;

S^N – связь внутри подсистемы N ; S^R – связь внутри подсистемы R ;

S^m – связь, отражающая структуру воздействий подсистемы R на подсистему N

При описании данной системы следует также охарактеризовать связи, которые являются системообразующими: S^n – связь внутри подсистемы N ; S^r – связь внутри подсистемы R ; S^m – связь, отражающая структуру воздействий подсистемы R на подсистему N . Структура выделенной системы, связи и компоненты обычно изменяются во времени, поэтому их можно представить в следующем виде (выражения (3),(4),(5)):

$$N = N(t) = \{n_1(t), n_2(t), \dots, n_i(t)\}; \quad (3)$$

$$R = R(t) = \{r_1(t), r_2(t), \dots, r_i(t)\}; \quad (4)$$

$$S = S(t) = \{s_1(t), s_2(t), \dots, s_i(t)\}. \quad (5)$$

Следует также выделить общую систему E , которая объединяет в себя системы N «окружающая среда», R «автомобильная дорога», а также совокупность связей S . Взаимосвязь выделенных компонентов во времени можно представить в следующем виде (выражение (6)):

$$E = E\{N(t), R(t), S^r(t), S^n(t), S^m(t)\}. \quad (6)$$

Предложенную систему E можно несколько расширить, добавив подсистему T «требования», что даст более наглядное представление о взаимодействии подсистем N «окружающая среда» и R «автомобильная дорога». Для общего представления рассмотрим следующий пример. Известно, что выбросы вредных веществ от работы дорожно-строительных машин влияют на состояние придорожной полосы и качество атмосферного воздуха. Количество выбросов нормируется; с превышением установленной нормы на придорожную полосу оказывается недопустимое влияние. Природоохранные требования также изменяются во времени: увеличение допустимой нормы в рамках закона оказывает отрицательное воздействие, и наоборот, уменьшение положительно сказывается на состоянии придорожной полосы. На рис. 3 отображена взаимосвязь представленных выше подсистем.

Тогда общая система E с учетом изменения во времени природоохранных требований будет выглядеть следующим образом (выражение (7)):

$$E = E\{N(t), R(t), T(t), S^r(t), S^n(t), S^m(t)\}. \quad (7)$$

Основной целью изучения является выявление закономерностей взаимодействия подсистем R «автомобильная дорога» и N «окружающая среда» при рассмотрении общей системы E с учетом природоохранных требований на определенном отрезке времени. При этом основной задачей является учет и обнаружение не только основных, но и второстепенных связей, возникающих в приведенной системе [3].

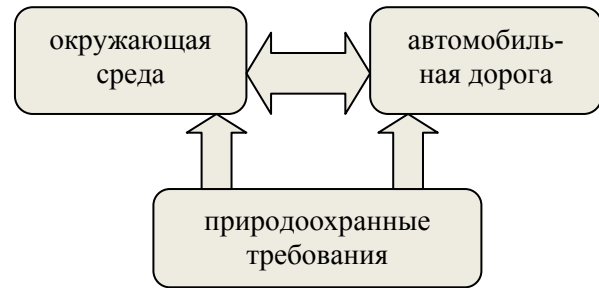


Рис. 3. Взаимосвязь подсистем R «автомобильная дорога», N «окружающая среда» и T «природоохранные требования»

Одним из основных при рассмотрении влияния системы «лесная дорога – автомобиль» на окружающую среду является вопрос о загрязнении придорожной полосы. Особое внимание необходимо уделить вопросу о загрязнении атмосферы. При строительстве и эксплуатации дорог используется большое количество дорожно-строительной и транспортной техники, которая является основным источником выбросов вредных веществ (отработанные газы). Состав отработанных газов в процентах по объему представлен в табл. 2 [6].

Таблица 2

Состав отработанных газов, % по объему

Компонент	Двигатель		Токсичность
	бензиновый	дизельный	
Азот	74–77	76–78	–
Пар воды	3–5,5	0,5–4	–
Диоксид углерода	5–12	1–10	–
Оксиды азота	0–0,8	0,001–0,400	+
Альдегиды	0–0,2	0–0,002	+
Сернистый газ	0–0,002	0–0,03	+
Соединения свинца	зависит от марки бензина	0	+
Сажа	0–0,4*	0,01–1*	-
Бензапирен	10–20**	до 10**	+

* г/м.

** мкг/м³.

Характер воздействия компонентов отработанных газов на растительность представлен в табл. 3 [7].

Таблица 3

Характер воздействия компонентов отработанных газов на растительность

Вредное вещество	Характер поражения
Сернистый газ	Лист бурый с желтыми или белыми (некротическими) пятнами
Соединения фтора	Некроз хвои и листьев, распространяющийся от их концов к основанию. Окраска пятен – от белой и бледно-желтой до буровато-коричневой
Хлористый водород	Лист оливковый (слабая концентрация токсиканта) или темно-коричневый (сильная концентрация), побуревший с краев
Озон	Торможение роста, уменьшение размеров, массы, на листьях белые пятна
Оксиды азота	Кончики хвои красновато-бурые, на листьях темно-бурые и черные пятна
Медь, цинк, кобальт	Растения карликовые, побegi и листья мелкие. Кончики листьев желтеют, деформируются, отмирают. У лиственниц несколько раз за сезон появляются шишки: белые, потом розовые, далее желтые, наконец, зеленые (нормально – один раз зеленые)

Кроме свинцовых соединений, содержащихся в листьях растений, произрастающих в районе придорожной полосы, наблюдается повышенная концентрация цинка, меди, железа, хрома, кобальта и других тяжелых металлов. На рис. 3 представлено изменение содержания свинца в траве с увеличением расстояния от дороги [3].

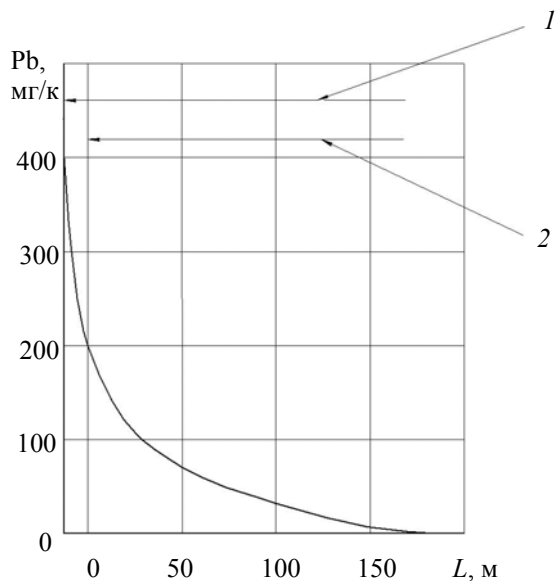


Рис. 4. Изменение содержания свинца в траве с увеличением расстояния от дороги:

- 1 – середина проезжей части;
2 – край проезжей части

На состав отработанных газов и их объем значительное влияние оказывает техническое состояние двигателя, а также количество и качество потребляемого топлива. Для уменьшения влияния на окружающую среду отработанных газов в первую очередь необходимо ужесточить контроль за техническим состоянием транспортных средств. При этом экологические требования при допуске, выпуске в эксплуатацию и эксплуатации механических транспорт-

ных средств, требования к техническим средствам диагностики и средствам измерений определяются при помощи:

ГОСТ 21393-75 «Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерения. Требования безопасности»;

ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Требования безопасности» [8].

Также особое воздействие на окружающую среду в лесном массиве оказывают шум и вибрация, что сказывается на безопасности диких животных. Такие технологические процессы, как расчистка придорожной полосы, погрузочно-разгрузочные и строительные работы, становятся причиной беспорядочного перемещения животных. Строительство дороги в лесном массиве зачастую нарушает привычные пути миграции животных, что может отрицательно сказываться на состоянии популяции определенного вида. Поэтому на путях миграции животных по мере необходимости нужно устанавливать определенные отпугивающие устройства, ограждения и т. д.

Строительство дороги в лесном массиве связано с различным влиянием строительных и технологических процессов на окружающую среду, поэтому данные виды работ должны проводиться с сохранением должного санитарного состояния лесов и условий их воспроизводства. Важным вопросом сохранения экологической системы является вопрос о защите деревьев. С целью сохранения корневой системы устраивают засыпку поверхности земли непосредственно у самих деревьев в соответствии с требованиями, приведенными в табл. 4 [9].

Для засыпки можно применять гравелистые грунты, крупнозернистый песок и не допускать использования недренирующего материала, затрудняющего доступ воды к корневой системе.

Таблица 4

Допустимая толщина засыпки в зависимости от вида деревьев

Вид деревьев	Допустимая толщина засыпки, м
Сосна, ель, пихта, бук лесной, береза, липа, клен, дуб	0
Лиственница	до 0,5
Ольха, ясень, тополь, ива	до 1,0

Для сохранения деревьев в лесном массиве непосредственно в зоне проведения дорожно-строительных работ «не допускается: забивать в стволы деревьев гвозди, штыри и др. для крепления знаков, ограждений, проводов и т. п.; привязывать к стволам или ветвям проволоку для различных целей; закапывать или забивать столбы, колья, сваи в зоне активного развития деревьев; складывать под кроной дерева материалы, конструкции, ставить строительные машины и грузовые автомобили» [9].

Заключение. Экологическое состояние окружающей среды в разрезе строительства и эксплуатации лесных дорог требует более тщательного анализа. Поэтому для снижения отрицательного влияния на экологию дорожно-транспортного комплекса необходимо уделить должное внимание следующим вопросам:

1) оснащение дорожно-транспортных машин и машин, задействованных на перевозке лесных грузов, двигателями, соответствующими последним международным экологическим стандартам;

2) использование экологически безопасных материалов;

3) оптимизация перевозок лесных грузов и упорядочение движения автотранспорта в лесном массиве;

4) усиление контроля за соблюдением стандартов и нормативов, обеспечивающих безопасность окружающей среды при строительстве лесных дорог;

5) предусмотрение системы снижения налогов для организаций, строящих дороги в лесном массиве с использованием экологически безопасных технологий и материалов;

6) разработка методик экологического мониторинга влияния строительства и эксплуатации лесных дорог на окружающую среду, учитывающих последние требования в области природоохранного законодательства.

Литература

1. Леонович, И. И. Проблемы строительства автомобильных лесных дорог в условиях интенсивного ведения лесного хозяйства / И. И. Леонович, Н. П. Вырко, И. И. Тумашик // Труды

БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 88–91.

2. Лесное хозяйство. Лесной фонд // Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.mlh.by/ru/forestry/resources.html>. – Дата доступа: 08.09.2010.

3. Евгенъев, И. Е. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог / И. Е. Евгенъев, В. В. Савин. – М.: Транспорт, 1989. – 239 с.

4. Матвеев, А. Н. Оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, А. Л. Юрьев. – Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2007. – 179 с.

5. Экология человека // Экология человека. Информационный портал [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://humanecology.ru/page0.htm>. – Дата доступа: 02.02.2011.

6. Состав отработанных газов // Экология и автотранспорт [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://vcgo2006.narod.ru/Table.htm>. – Дата доступа: 02.02.2011.

7. Экология. Воздействие токсичных выбросов на человека и окружающую среду // VXI – Стандарт информационных и контрольно-измерительных технологий [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.vxi.su/ecology/vozdeistvie-toksichnyh-vybrosov>. – Дата доступа: 02.02.2011.

8. Об утверждении Правил контроля за соблюдением нормативов содержания загрязняющих веществ в отработанных газах и вредных физических и иных воздействий на атмосферный воздух механическими транспортными средствами // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: [http://www.pravo.by/pdf/2007-157/2007-157\(089-103\).pdf](http://www.pravo.by/pdf/2007-157/2007-157(089-103).pdf). – Дата доступа: 02.02.2011.

9. Инструкция по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог // Бесплатная библиотека стандартов и нормативов [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.docload.ru/Basesdoc/5/5541/index.htm>. – Дата доступа: 02.02.2011.

Поступила 15.03.2011