

**ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ ЦЕПЕЙ
НА ПРИНЦИПАХ «ЗЕЛЁНОЙ» ЛОГИСТИКИ**

Кандидат техн. наук **Ленич С.В.**,
кандидат техн. наук, доцент **Никишкин Ю.А.**
(Луганский государственный университет имени Владимира Даля)

**FORMATION OF TRANSPORTATION AND WAREHOUSING CHAINS BASED
ON THE PRINCIPLES OF “GREEN” LOGISTICS**

S.V. Lenich, Ph.D. (Tech.),
Yu.A. Nikishkin, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(Vladimir Dahl Lugansk State University)

Аннотация. Статья посвящена вопросам разработки и проектирования транспортно-складских цепей на принципах «зелёной» логистики. Уточнены определение «зелёной» логистики и её роль при управлении материальными потоками в системах поставки товаров от грузоотправителя до грузополучателя. Разработаны варианты транспортно-складских цепей с участием различных видов транспорта. Систематизированы основные инструменты «зелёной» логистики, применяемые в каждом звене транспортно-складских цепей, позволяющие одновременно получить как экономический, так и экологический эффект.

Abstract. The paper is devoted to the development and design of transport and warehouse chains based on the principles of "green" logistics. The definition of «green» logistics and its role in the management of material flows in the delivery systems of goods from the shipper to the consignee are clarified. Variants of transport and warehouse chains with the participation of various types of transport have been developed. The main tools of «green» logistics used in each link of the transport and warehouse chains are systematized, allowing to simultaneously obtain both economic and environmental effects.

Ключевые слова: транспортная логистика, транспортно-складская цепь, «зелёная» технология, управление цепью поставок.

Keywords: Transport logistics, transport and warehouse chain, «green» technology, supply chain management.

В 2015 г. Генеральной ассамблеей ООН были утверждены Цели устойчивого развития. Центральное место в этой резолюции занимают вопросы, связанные с экологией и снижением негативного воздействия человеческой деятельности на окружающую среду. В странах СНГ, также с каждым годом, всё больше внимания уделяется вопросам изменения климата, обеспечения экологической безопасности и разработке экологического законодательства, о чём свидетельствует проведение многочисленных экологических саммитов, конгрессов, форумов и конференций, а также значительное число публикаций, монографий и статей.

Транспортно-складские цепи (ТСЦ), как элементы логистических систем и цепей поставок, играют заметную роль в изменении климата и, по оценкам [1, 2], около 15% глобальных CO₂ выбросов приходится на транспортный сектор и около 3% – на складские и терминальные услуги. Традиционно, вопросами проектирования и функционирования транспортно-складских систем и цепей занимается логистика, а с учётом экологического аспекта – эта функция возложена на «зелёную» логистику.

Обобщая многочисленные определения термина «зелёная» логистика [3-5], мы конкретизируем эту дефиницию следующим образом. «Зелёная» логистика – это научное и практическое направление по эколого-ориентированному управлению материальными и сопутствующими им потоками (обратными, сервисными и т.д.). Как наука, «зелёная» логистика осуществляет

поиск новых возможностей снижения выбросов и загрязнения окружающей среды при осуществлении поставки товаров в звеньях логистических цепей (посредством разработки теоретических основ, усовершенствования математических моделей и методов эколого-ориентированного управления и т.д.). Как хозяйственная деятельность, «зелёная» логистика обеспечивает эколого-ориентированное управление материальными потоками в сферах производства и обращения (энергосберегающие складские технологии, более экологичные транспортные средства и т.д.). Таким образом, цель «зелёной» логистики – оптимизация материального потока во всех звеньях логистической цепи, позволяющая получить оптимальные экономические и экологические результаты (минимальные суммарные затраты при сниженных выбросах и загрязнении окружающей среды).

Традиционно, экономическая и экологическая цели вступают в противоречие между собой, при управлении и решении оптимизационных задач в цепях поставок и, особенно, в транспортной логистике. Логистическая деятельность оказывает негативное воздействие на окружающую среду: потребление энергии, вредные выбросы, шум, большие площади под инфраструктуру и т.п.

В работе [5] приводятся некоторые противоречия между традиционной логистикой, целью которой является минимизация издержек, и её «зелёной» составляющей, направленной на снижение вредного воздействия на окружающую среду:

- увеличение нагрузки на окружающую среду в местах расположения транспортных узлов и терминалов, прохождения транспортных коридоров;
- увеличение интенсивности транспортных потоков и пропускной способности элементов транспортно-логистической инфраструктуры приводит к увеличению числа и длительности заторов и объёмов выбросов в окружающую среду;
- рост производства и продаж, расширение системы распределения требуют увеличения занимаемых площадей, повышается расход энергоресурсов и возрастают выбросы CO₂;
- экологические издержки зачастую превышают эффект от использования средств пакетирования и транспортной тары;
- полухолостые маршруты (неполная загрузка транспортных средств).

«Зелёная» логистика обладает значительным потенциалом для экологического контроля транспортных и складских технологий, процессов рециклинга продукции, минимизации загрязнения окружающей среды, энерго- и ресурсосбережения. Необходимо учитывать важнейшие факторы, определяющие увеличение издержек по носителям затрат (транспортная работа, общий пробег), которые являются ресурсными показателями, определяют потребление топлива и эмиссию [6]. Можно отметить ряд исследований [7-10], в которых авторы предлагают методы, в том числе многокритериальной оптимизации перевозочного процесса, позволяющие значительно снизить загрязнение окружающей среды при незначительном увеличении экономических показателей.

Однако следует отметить, что в большинстве известных работ, экологические улучшения рассматриваются лишь для отдельных звеньев логистических систем, что подчёркивает актуальность рассматриваемой темы. Комплексных эколого-ориентированных исследований, в том числе, для ТСЦ, когда последовательно рассмат-

риваются все участки прохождения материального потока от склада отправителя до склада получателя, за исключением нескольких зарубежных научных работ [11-13], проведено не было.

Целью данной работы является рассмотрение ТСЦ как отдельного участка (элемента) логистических систем (глобальных цепей поставок), а также анализ и систематизация технологий «зелёной» логистики, применяемых в каждом звене ТСЦ.

Современное развитие управления цепями поставок предполагает системный подход, характеризующийся интеграцией элементов и звеньев в единую систему, в которой все процессы взаимосвязаны. Поэтому, ввиду тесного взаимодействия перевозочного процесса со складским комплексом, в системах поставки товаров исследуются интегрированные транспортно-складские системы и сети [14, 15], а при линейном упорядочивании их звеньев – ТСЦ.

ТСЦ, как элементы цепей поставок соединяют грузообразующие и грузопоглощающие звенья между собой. Количество ТСЦ зависит от глубины рассматриваемой цепи поставки и определяется жизненным циклом товара, и может достигать 5 и более единиц (от мест добычи сырья и заканчивая конечным потребителем). Укрупнённый пример цепи поставки с тремя ТСЦ: Добыча сырья → ТСЦ → Изготовление комплектующих (материалов) → ТСЦ → Производство товаров → ТСЦ → Конечный потребитель.

В свою очередь ТСЦ может состоять из следующих звеньев: склады грузоотправителя и грузополучателя, транспортная инфраструктура, различные виды транспорта, осуществляющие перевозочный процесс, а также терминалы, порты, распределительные центры, логистические центры и т.п. Количество возможных сочетаний элементов ТСЦ для внешнеторговых цепей поставок довольно велико, в табл. 1 приведены варианты с участием морского транспорта.

Таблица 1

Варианты ТСЦ с участием морского транспорта

Обознач. ТСЦ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
												
а	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
б	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
в	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
г	+	+	+	+	+	+	+				+	+
д	+			+	+	+	+	+		+	+	+
е	+	+			+	+	+	+		+	+	+
ж	+	+			+	+	+	+	+		+	+
з	+	+			+	+	+				+	+
и	+	+			+	+	+			+	+	+
к	+			+	+	+	+	+	+		+	+
л	+			+	+	+	+				+	+
м	+			+	+	+	+			+	+	+
н	+			+	+	+	+	+				+

Обозначения в табл. 1:

- 1, 12 – склады соответственно грузоотправителя и грузополучателя;
- 2, 11 – перевозки автомобильным видом транспорта и «последняя миля»;
- 3, 9 – терминал или логистический центр (грузовой двор железнодорожной станции);
- 4, 8 – перевозки железнодорожным транспортом;
- 5, 7 – морские порты;
- 6 – перевозки морским транспортом;
- 10 – распределительный центр.

Сочетания верхних строк *a-g* (табл. 1) представляют собой расширенные ТСЦ с участием трёх видов транспорта (морского, железнодорожного и автомобильного), они характерны для глобальных цепей поставок. Сухопутные (с двухмодальными перевозками) ТСЦ могут быть легко получены исключением из табл. 1 – столбцов 5-7. В некоторых цепях поставок пунктом назначения является распределительный центр, тогда необходимо формировать ТСЦ по развозу товаров конечным потребителям.

Формирование ТСЦ с учётом эколого-ориентированного управления подразумевает внедрение инструментов и принципов «зелёной» логистики в каждом звене, показанном в табл. 1. Результаты анализа и систематизации мирового опыта, а также предложения авторов статьи сведены в табл. 2. В табл. 2 рассматриваются лишь те инструменты «зелёной» логистики, применение которых позволяет улучшить как экономические, так и экологические показатели звеньев ТСЦ.

Таблица 2

Применение инструментов «зелёной» логистики в звеньях ТСЦ

Номера звеньев из табл. 1	Описание инструмента «зелёной» логистики	Экономический и технологический эффект	Экологический эффект
1, 3, 9, 10, 12	Внедрение экологичной упаковки по принципу 3R	Снижение массы тары, повышение производительности ПРМ и загрузки кузова	Уменьшение отходов
	Оптимизация запасов	Уменьшение энергоёмкости склада	Снижение вредных выбросов на ТЭЦ, в связи с экономией тепловой энергии на складе
	Отделение зон отправки или приема от других участков деятельности склада		
	Установка самозакрывающихся дверей, в зонах часто используемых вилочными погрузчиками		
	Увеличение коэффициента использования площади склада		
	Применение «холодных» кровельных покрытий	Поддержание температурного баланса	
	Внедрение термостатов с регулируемым временем		
	Использование теплоизоляции стен зданий		
	Внедрение полной автоматизация на складах	Снижение энергопотребления	
	Снижение времени циклов работы ПРМ		
	Использование современных ПРМ (ричтраки, погрузчики-комплектовщики заказов и т.д.)	Использование «зелёной» энергии	Снижение вредных выбросов на ТЭЦ, в связи с экономией электроэнергии на складе
	Применение солнечных батарей на крыше		
	Использование экономичных ламп освещения (SON, SuperT8, OLED)	Снижение энергопотребления	
	Внедрение складской робототехники (мобильный робот Handle)	Избавление от человеческого фактора, повышение энергоэффективности склада	
	Применение технологии цифровых двойников на складах	Увеличения циклов замены аккумуляторов, снижение времени их подзарядки	
	Использование литий-ионных аккумуляторных батарей вместо кислотных		
Оптимизация количества распределительных центров или терминалов	Ускорение времени доставки, уменьшение энергоёмкости объектов	Косвенное и прямое снижение вредных выбросов	
Оптимизация месторасположения распределительного центра или терминала			
Оптимизация развозочных маршрутов доставки товаров конечным потребителям			
2, 11	Маршрутизация перевозок с учётом экологического фактора	Ускорение времени доставки, снижение расхода топлива	Снижение вредных выбросов
	Многокритериальная оптимизация перевозок с учётом экологического фактора		
	Уменьшение пробок на автодорогах		
	Внедрение мониторинга скорости движения		
	Внедрение эковожждения		
	Внедрение электрических транспортных средств	Экономия на дорогостоящих топливах	
	Использование более экологичных видов ГСМ и топлива		
	Увеличение коэффициента использования грузоподъёмности транспортных средств путём более плотной загрузки кузова	Использование эффекта масштаба	
	Укрупнение грузовых партий		
Использование крупнотоннажных грузовиков			
Использование трейлеров с двухъярусным прицепом			

	Использование грузовиков-рефрижераторов с азотом	Повышение сохранности товаров	Снижение уровня шума и вредных выбросов	
	Применение устройств нейтрализации и очистки выбросов от токсичных компонентов	Снижение экологических штрафов	Снижение вредных выбросов	
	Использование более экономичных и менее токсичных двигателей			
4, 8	Увеличение доли использования электрической тяги	Ввод тяжеловесных составов с высокими скоростями	Снижение вредных выбросов	
	Увеличение коэффициента использования грузоподъемности вагонов	Использование эффекта масштаба		
	Увеличение массы поездов	Увеличение пропускной и провозной способности железных дорог	Снижение вредных выбросов	
	Увеличение длины станционных путей			
	Использование современных фильтров для улавливания дымовых газов	Снижение экологических штрафов		
	Использование более экономичных и менее токсичных двигателей			
	Использование систем управления электрической передачей тепловоза	Оптимальное регулирование расхода топлива		
Использование газомоторных локомотивов	Экономия на дорогостоящих топливах			
5, 7	Оптимизации работы двигателей судов на основе мониторинга погодных и гидрографических условий	Ускорение времени доставки, снижение расхода топлива		Снижение экологических штрафов
	Снижение содержания серы в топливе	Снижение экологических штрафов		
	Улучшение экологических характеристик ДВС			
	Снижение вредных веществ в отработавших газах с помощью нейтрализаторов	Механизация и автоматизация ПРР, повышение производительности ПРМ	Снижение пыления и загрязнения твердыми частицами	
	Использование мягких контейнеров (биг-бэг) для перевозки сыпучих грузов		Соблюдение правил перевозки нефти, сжиженного газа в танкерах	Снижение загрязнения прибрежных вод
	Снижение скорости судов, проходящих вблизи к побережью			Улучшение качества очистки вод
	Выбор трассы движения судов с учётом минимизации неблагоприятного воздействия на обитателей морской среды			
	Установка систем контроля и оборудования, предназначенного для очистки льяльных, балластных и трюмных вод		Уменьшение ёмкостей-контейнеров для мусора, удлинение рейсов	
	Установка на судне оборудования для обработки и утилизации мусора			Экономия на дорогостоящих топливах
	6	Использование судов с газовыми двигателями	Улучшение сохранности грузов, механизации ПРР	Снижение пыления и загрязнения твердыми частицами
Применение закрытых складов для навалочных грузов и закрытых технологий их перегрузки				
Контейнеризация грузов				
Гидромеханизация процессов перегрузки		Экономия на дорогостоящих топливах	Снижение вредных выбросов	
Использование более экологичных видов ГСМ и топлива для ПРМ использующих ДВС				
Выделение санитарно-защитных зон		Соблюдение санитарных правил для портов	Отделение от жилых застроек источников вредных выбросов	
Очистка сточных вод		Снижение экологических штрафов	Снижение загрязнения акватории порта	
Использование высоковольтных систем питания «берег-судно»	Ускорение обработки судов			

Внедрение и использование предприятиями и компаниями инструментов «зелёной» логистики (табл. 2) в своих ТСЦ, позволит:

- снизить вредные выбросы и экологические штрафы;
- снизить общие затраты на доставку своей продукции;
- повысить эффективность цепей поставок;
- выполнять нормы экологического законодательства;
- лидировать в области устойчивого развития;
- улучшить корпоративный имидж;
- улучшить отношения с общественностью и клиентами;
- ускорить завоевание новых клиентов;
- повысить топливную эффективность.

Таким образом, можно сделать следующие выводы и направления дальнейших исследований:

1) Разработаны варианты транспортно-складских цепей с участием автомобильного, железнодорожного и морского транспорта.

2) Проанализированы и систематизированы основные инструменты «зелёной» логистики, применяемые в каждом звене приведенных ТСЦ и позволяющие одновременно получить как экономический, так и экологический эффект.

3) В дальнейшем будут проведены теоретические исследования по многокритериальной оптимизации ТСЦ и моделированию функционирования их звеньев с учётом экономического и экологического факторов.

Литература

1. Sarkis J., Dou Y. Green supply chain management. – New York: Routledge, 2018. – 177 p.

2. Baker P., Marchant Cl. Reducing the environmental impact of warehousing // Green logistics: improving the environmental sustainability of logistics / [edited by] Alan McKinnon, Michael Browne, Anthony Whiteing, Maja Piecyk. – Third edition. London – Philadelphia – New Delhi, 2015, pp. 194-226.

3. Коблянская И.И. Структурно-функциональные основы формирования эколого-ориентированной логистики // Вестник СумГУ. Серия Экономика. – 2009. – № 1. – С. 91-98.

4. Трейман М.Г., Копанская А.А. Исследование особенностей внедрения принципов «зелёной» логистики для промышленных предприятий России // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. – 2020. – № 1. – С. 86-94.

5. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н., Багинова В.В. Инновации в области зелёной логистики // Мир транспорта. – 2018. – № 2, том 16. – С. 196-211.

6. Баширзаде Р.Р., Пахомова А.В. Согласование целей зелёной логистики и транспорта // Инновационные достижения зелёной логистики: международный опыт и российская практика: материалы международной научно-практической конференции. XIII Южно-Российский логистический форум. 19-20 октября 2017 г. – Ростов н/Д: Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2017. – С. 51-54.

7. Цветков А.В. Управление цепями поставок с учётом экологического фактора: на примере использования автомобильного транспорта: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Цветков Андрей Владимирович. – Москва: Гос. ун-т упр., 2010. – 138 с.

8. Цун Ц. Формирование «зелёных» цепей поставок в условиях неопределённости (на примере направления Чунцин – Екатеринбург): дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Цун Цяо. – Екатеринбург: УГУПС, 2016. – 144 с.

9. Sun Y., Hrusovsky M., Zhang Ch., Lang M. A Time-Dependent Fuzzy Programming Approach for the Green Multimodal Routing Problem with Rail Service Capacity Uncertainty and Road Traffic Congestion // Complexity, Volume 2018, Article ID 8645793, 22 pages, <https://doi.org/10.1155/2018/8645793>.

10. Sun Y. Green and Reliable Freight Routing Problem in the Road-Rail Intermodal Transportation Network with Uncertain Parameters: A Fuzzy Goal Programming Approach // Journal of Advanced Transportation, Volume 2020, Article ID 7570686, 21 pages, <https://doi.org/10.1155/2020/7570686>.

11. Mallidis I. Quantitative Methods in Supply Chain Network Design and Green Supply Chain Management. Ph.D. Thesis, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece, 2013. – 210 p.

12. Duan X. Green Logistic Network Design: Intermodal Transportation Planning and Vehicle Routing Problems. Doctoral Dissertation, University of Louisville, Louisville, Kentucky, USA, 2016. – 150 p.

13. Yang X. Green Hub Location-Routing Problem for LTL Transport. Doctoral Dissertation, University of Brittany Loire, Nantes, France, 2018. – 172 p.

14. Маликов О.Б. Перевозки и складирование товаров в цепях поставок: монография. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 536 с.

15. Покровская О.Д. Комплексная оценка транспортно-складских систем железнодорожного транспорта: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.08 / Покровская Оксана Дмитриевна. – Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2018. – 377 с.

Сведения об авторах:

Ленич Сергей Васильевич – доцент кафедры «Транспортные технологии», Луганский государственный университет имени Владимира Даля.

Адрес: 91034, Луганск, кв. Молодёжный 20а.

Телефон +380954204023.

E-Mail: mouselenich@yandex.ru.

Никишкин Юрий Анатольевич – доцент кафедры «Транспортные технологии».

Адрес: Луганский государственный университет имени Владимира Даля, 91034, Луганск, кв. Молодёжный 20а.

Телефон +380955315125.

E-Mail: danko_ua@mail.ru.

Lenich S. V., Ph.D.(Tech), Lugansk Vladimir Dahl State University, 20a, Molodjozhnyj block, Lugansk, 91034.

Nikishkin Yu. A., Ph.D.(Tech), Lugansk Vladimir Dahl State University, 20a, Molodjozhnyj block, Lugansk, 91034.