

УДК 330.15:338.49 (470.22)

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
НА СЕЗОННУЮ ТРАНСПОРТНУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ
(НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ)¹**

Прокопьев Е.А., Рязанцев П.А.

Карельский научный центр РАН

E-mail: e_prokopiev@mail.ru, priazantsev@krc.karelia.ru

Рослякова Н.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

E-mail: roslyakovana@gmail.com

Рассмотрено влияние глобального потепления климата на работу отечественного лесного сектора, использующего в зимний сезон для вывозки древесины снежно-ледяные дороги. Проведено исследование зависимости между объемами вывозки древесины и сроками функционирования зимников в разных климатических зонах Карелии. Выявлено, что 1 день эксплуатации зимника в зависимости от его типа и срока наведения увеличивает объем ежемесячной вывозки от 1485 до 1746 м³ в каждой из выделенных зон. Определены наиболее уязвимые к потеплению климата для лесозаготовителей территории.

Ключевые слова: изменение климата, лесозаготовки, зимники, лесовозные дороги, сезонная транспортная инфраструктура, транспортная доступность.

**CLIMATE CHANGE IMPACT ASSESSMENT
ON THE TEMPORARY TRANSPORT INFRASTRUCTURE
(IN THE CASE OF LOGGING IN THE REPUBLIC OF KARELIA)**

Prokopyev E.A., Ryazantsev P.A.

Karelian Research Centre of RAS

E-mail: e_prokopiev@mail.ru, priazantsev@krc.karelia.ru

Roslyakova N.A.

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS

E-mail: roslyakovana@gmail.com

We shed light on Global warming influence on forestry, particularly, on temporary road infrastructure used for logging in winter. The general aim of the paper is to investigate the relationship between the wood removal volumes and timing of winter road operations in the different climate zones of the Republic of Karelia. Our main findings are that 1 day winter road operation increases monthly volume of wood removal by 1485-1746 m³. The volume depends on the type and lifetime versions of winter roads. We have determined the territory that is the most vulnerable to climate warming.

Keywords: climate change, logging, winter roads, forest roads, temporary transport infrastructure, transport accessibility.

¹ Исследование осуществлено при финансовой поддержке РФФИ (гуманитарные и общественные науки) по проекту № 17-32-01031 а2 «Исследование экономической значимости сезонной транспортной инфраструктуры в условиях глобального изменения климата (на примере Республики Карелия)».

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время накоплено достаточно свидетельств, фиксирующих изменение планетарного климата. Дискуссии по данной теме давно вышли за рамки научного сообщества и прочно вошли в повестку дня встреч и собраний руководителей ведущих стран мира. А сделанное в 2017 г. заявление Президента США о выходе из Парижского соглашения в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата и последовавшая реакция мирового сообщества еще раз подтвердили, что проблема изменения климата носит глобальный характер. В связи с этим исследования по определению зависимости результатов разных видов экономической деятельности от погодных условий представляются чрезвычайно важными и актуальными.

Наиболее заметным проявлением влияния климатических изменений на транспортную инфраструктуру является рост повторяемости и интенсивности экстремальных гидрометеорологических явлений [22–24], приводящих к экономическим потерям [8, 11]. В результате крупномасштабного наводнения на Дальнем Востоке в 2013 г. ущерб транспортной инфраструктуре составил порядка 30 млрд руб. [11]. Менее заметным последствием изменения климата для транспортной инфраструктуры является постепенное изменение окружающей среды, влияние которого носит двойственный характер. С одной стороны, для некоторых объектов транспортной инфраструктуры появляются дополнительные возможности по территориальному расширению или увеличению длительности сезона их использования. При условии продолжения потепления в Арктике по маршруту Северного морского пути в Карском море возможно «безледокольное» плавание судов класса Arc7 [13]. Прогнозируется увеличение в пределах месяца навигации на всех судоходных реках Севера европейской части территории России при росте среднегодовой температуры на 4 °С [12]. Напротив, для других объектов транспортной инфраструктуры проявляются абсолютно противоположные эффекты. Потепление в Арктической зоне приводит к уменьшению несущей способности вечной мерзлоты [24, 29], что ведет к деформации фундаментов домов, железных и автомобильных дорог, газопроводов и нефтепроводов [10].

Специфика географического положения отдельных регионов и осуществляемых в них видов экономической деятельности предполагает работу в труднодоступных районах с использованием сезонной транспортной инфраструктуры, альтернативой которой является авиасообщение. В отдельных случаях она не имеет альтернатив. Очевидно, что инфраструктура, функционирующая только при определенных погодных условиях, в большей степени подвержена влиянию климатических изменений. В данном исследовании сфокусировано внимание только на ее части, представленной снежными, снежно-ледяными и ледяными дорогами (зимниками), которые получили широкое распространение в России, Канаде и США (Аляска).

Согласно оценочному докладу Росгидромета [24] к середине текущего столетия в нашей стране ожидается сокращение пригодной территории для экономически целесообразной эксплуатации зимников на 1 млн км². В то же время их влияние на отечественную экономику остается слабоизученным вопросом. Напротив, в Канаде объем перевозок по зимникам являет-

ся одним из базовых индикаторов, без которого трудно получить адекватную оценку последствий изменения климата на местную экономику [21]. Например, по проложенной на 85 % по льду озер зимней дороге Тиббит – Контвойто для обслуживания алмазных рудников ежегодно перемещается товаров на сумму около 500 млн долл. [18]. Опыт Северной Канады свидетельствует, что сокращение привычных сроков эксплуатации зимников приводит к росту затрат на производство, росту стоимости товаров первой необходимости, снижению доступности услуг и увеличению социальной напряженности. При этом канадские исследователи признают, что научной литературы по оценкам данных эффектов мало, а большая часть необходимой информации представлена в отчетах консультантов и местного самоуправления или СМИ [20]. Например, двукратное сокращение сроков работы зимников на севере канадской провинции Манитоба зимой 1998 г. (а к 12 населенным пунктам их не смогли построить) привело к дополнительным правительственным тратам на авиатопливо и продовольствие [31] порядка 15–18 млн долл. [30]. К этим затратам следует добавить и потерю части сезонных доходов населения, которое не смогло заработать на наведении зимников и реализовать продукцию охоты и пушного промысла по более выгодным ценам на юге провинции [30]. В 2006 г. сообщение по зимней дороге Тиббит – Контвойто было прервано почти на месяц [28]. По данным алмазодобывающей корпорации Rio Tinto из-за таких природных аномалий для нужд предприятия потребовалось использовать воздушный транспорт для доставки более 24 тыс. т сухих грузов и топлива, что привело к дополнительным затратам в десятки миллионов долларов [27]. Несмотря на то, что эксплуатационные расходы на содержание дорог в районах вечной мерзлоты в Северной Америке в 10 раз превосходят расходы для аналогичных дорог в южных районах [28], учащающиеся случаи теплых зим требуют перехода от временной инфраструктуры к постоянной [26]. В Канаде стали предпринимать шаги, направленные на увеличение адаптивной способности зимних дорог. Основными мерами ее модернизации стали отвод зимников в сторону от территорий водоемов и рек, изыскание возможностей строительства сухопутных маршрутов (для экономии на воздушном транспорте, уменьшении строительных сложностей).

В свете вышесказанного достаточно показательно сравнение транспортных дорожных сетей в лесном секторе двух схожих по природно-климатическим условиям территорий – Республики Карелия (далее РК) и Финляндии. Последняя обладает высокой плотностью лесных дорог, что обеспечивает круглогодичный доступ к лесным ресурсам на всей территории, а также позволяет вовремя пресекать лесные пожары. В Карелии, как и в большинстве лесосырьевых регионов России, лесозаготовители из-за низкой плотности дорог круглогодичного пользования [2, 4, 6, 17] вынуждены добираться до труднодоступных участков лесов зимой и зависеть от благоприятных погодных условий. Во время теплых декабрей в 2006, 2007 и 2011 гг. лесозаготовители не смогли построить зимники, из-за чего не обеспечили сырьем в должном объеме деревообрабатывающие предприятия РК.

Идея сокращения сезона использования зимников в отечественном лесном секторе под влиянием глобального потепления была представлена в нескольких публикациях [5, 9, 14–16, 19]. На примере РК были исследованы

зависимости между погодными условиями и несущими способностями разных видов зимников [5, 9, 15, 16], была предложена математическая модель, вычисляющая вероятный физический объем вывозки древесины по зимникам при работе определенной системы машин. Климатические данные использовались для определения количества рабочих дней, пригодных для эксплуатации зимника. Основной упор был сделан на производительность используемой лесозаготовительной техники, на основе которой определялись потенциально возможные объемы заготовки древесины. Прогнозные оценки вывозки древесины в данной модели строятся на микроуровне – по конкретному предприятию с заданным парком лесозаготовительной техники, работающим на определенной лесосеке. Другой подход к оценке влияния погодных условий на лесозаготовку был представлен финскими исследователями на примере Тихвинского муниципального района Ленинградской области [19]. С помощью ГИС-технологий были определены леса, доступные только в зимний период освоения, далее на основе имеющихся характеристик для них были вычислены запас древесины и объем допустимого ежегодного изъятия. Исследователи приходят к выводу, что к середине текущего столетия сроки работы зимников сократятся на две недели по сравнению с 2006 г., но, поскольку перемены будут происходить постепенно, лесозаготовители успеют к ним приспособиться [19].

Нельзя обойти вниманием существенные различия между указанными выше подходами в требованиях к погодным условиям, необходимым для определения сроков функционирования зимников. В исследованиях по Тихвинскому району авторы предполагали, что зимники начинают использовать после того, как температура воздуха упадет ниже -5°C и продержится более 5 дней, а заканчивают, когда температура воздуха превысит 0°C более 5 дней подряд [19]. В исследовании по Красноярскому краю и Иркутской области предлагалось отнимать от полученного срока 7 дней, поскольку, по мнению автора, наведение зимников к лесным участкам в среднем занимает именно такой временной отрезок [14]. В этой работе также предлагалось исключать из сроков работы лесозаготовителей дни с экстремальными погодными условиями (низкими температурами, высокой скоростью ветра). В исследованиях по РК помимо температуры (сумма отрицательных температур после перехода через 0°C должна достигнуть диапазона от -100 до -130°C) в технические параметры начала работы зимника входит наличие снежного покрова высотой не менее 10 см (Щеголева и др., 2008). Кроме того, в зависимости от типа зимника будет отличаться и температурный режим, при котором прекращается вывозка древесины: для снежных покрытий критической является температура от $-4,5$ до -4°C ; для снежно-ледяных – от $-2,7$ до $-1,8^{\circ}\text{C}$; для ледяных – от $+1$ до $+2^{\circ}\text{C}$ (Щеголева и др., 2008).

Заметим, что в указанных работах исследователи не оценивали взаимосвязь между реальными объемами вывозки древесины и сроками функционирования зимников, что мы и предлагаем сделать для оценки чувствительности лесозаготовок в РК к погодным условиям. Итак, целью нашего исследования является оценка значимости и силы зависимости показателя вывозка древесины от погодных условий пригодных для эксплуатации зимников в разных климатических зонах РК.

ДАнные И МЕТОды

Первоочередной задачей было разделить территорию Карелии на несколько частей, для которых доступны метеоданные и ведется лесозаготовительная деятельность [25]. За основу было взято деление по климатическим зонам, представленное в атласе Карельской АССР [1]. Так как большинство располагаемых нами данных привязано к административным границам, было принято решение скорректировать эти зоны по административному признаку. Таким образом, изначально было получено три зоны: север, центр и юг. Но поскольку южная зона получилась разнородной, самой протяженной с запада на восток, и для ее географического центра не было доступных метеостанций, она была разделена на несколько частей (табл. 1).

Таблица 1

Исследуемые зоны Республики Карелия

Название (в модели)	Муниципальный район	Метеостанция	Площадь, км ²	Доля болот, %	Расчетная лесосека, тыс. м ³
Север (<i>Sev</i>)	Лоухский, Калевальский, Костомукшский городской округ	Калевала	39858	19	13979–2266,9
Центр (<i>Sen</i>)	Муезерский, Беломорский, Сегежский, Медвежьегорский	Паданы	54875	24	2052,8–2421,8
Юго-Восток (<i>YV</i>)	Пудожский, Кондопожский, Прионежский, Пряженский, Оленцкий, Петрозаводский городской округ	Петрозаводск	33667	12	3181,4–3356,5
Юго-Запад Приладожье (<i>YZP</i>)	Сортавальский, Лахденпохский, Питкярантский	Сортавала	6655	5	680,3–733,7
Юго-Запад Суоярви (<i>YZS</i>)	Суоярвский	Тохмоярви (Финляндия)	13739	20	817,1–873,4

Следующим шагом было распределение объемов вывозки древесины по полученным зонам. По наиболее значимым лесозаготовительным предприятиям вывозка за 1999–2009 гг. ежемесячно публиковалась в газете «Лесная Карелия», издание их предоставляло Министерство по природопользованию и экологии РК². Сопоставление полученных данных с данными, представленными в официальных сборниках Карелиястата, показало, что оперативные данные, суммированные по годам, составляют не менее 70 % от официальных. Это позволяет говорить о репрезентативности выборки. За период 1999–2004 гг. распределение предприятий по пред-

² В настоящее время вместо вывозки древесины предоставляются данные по заготовке.

ложенным зонам не вызывает трудностей, поскольку в этот период список предприятий не менялся и большинство из них в своем названии содержали название населенного пункта, что отражало исторические названия местных леспромхозов (например, Кондопожское ЛПХ, Пудожпромлес). После 2004 г. карельские предприятия начинают входить в крупные холдинговые структуры, которые предоставляют данные по всей организации в целом. Появляются новые компании, из названия и места регистрации которых непонятно, где они ведут заготовки. Данная проблема была решена с помощью карт арендаторов лесного фонда РК, и хотя эти карты датированы более поздними годами, мы принимаем во внимание особенности отечественного лесного законодательства, по которому леса предоставляются в долгосрочную аренду сроком до 49 лет.

Для перевода климатических данных в количество дней эксплуатации зимника использовали технические параметры, предложенные коллегами из ПетрГУ [9]. При этом рассматривали только два типа покрытия – снежно-ледяные и ледяные дороги как самые устойчивые. Сначала определялась дата начала функционирования зимника, потом дата его разрушения. И для каждого месяца в этом временном интервале подсчитывалось количество дней эксплуатации зимника.

Здесь нами было сделано несколько допущений. Изначально предполагалось, что будут учитываться все официальные праздничные дни, выпадавшие на данный период: День Конституции, Новый год (новогодние каникулы), 23 февраля, 8 марта. После консультаций с лесозаготовителями данное предположение пришлось отвергнуть, поскольку в действительности работы ведутся во все праздничные дни, кроме Нового года. Кроме того, работы не ведутся в дни с экстремальными погодными условиями, поэтому были исключены дни со среднесуточной температурой ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Последнее допущение связано с оттепелями в зимний период, мы исходили из того, что за несколько дней оттепели дорога не исчезает, но перестает эксплуатироваться.

Для построения модели панельных данных с фиксированными эффектами исходные данные были сгруппированы не по календарному году, а по сезонам. В РК технические параметры для наведения зимника могут наступить уже в ноябре, поэтому массив данных сформирован начиная с ноября 1999 по октябрь 2000 г. (первый лесозаготовительный сезон). В результате было сформировано 10 сезонов (заканчивая октябрём 2009 г.).

С помощью программы EViews для ответа на вопрос о силе влияния погодных условий на вывозку были построены следующие модели:

$$V_{ij} = A_1 + C_j + B_1 \times IR_el_{ij}, \quad (1)$$

$$V_{ij} = A_2 + C_j + B_2 \times IR_la_{ij}, \quad (2)$$

$$V_{ij} = A_3 + C_j + B_3 \times ISR_el_{ij}, \quad (3)$$

$$V_{ij} = A_4 + C_j + B_4 \times ISR_la_{ij}, \quad (4)$$

где V_{ij} – объем вывозки древесины за i -й месяц в j -м районе; A_1, A_2, A_3, A_4 – общая константа; C_j – константа, выражающая эффект для j -го района; B_1, B_2, B_3, B_4 – коэффициент значимости одного дня работы зимника; IR_el_{ij} ,

$IR_{la_{ij}}$, $ISR_{el_{ij}}$, $ISR_{la_{ij}}$ – количество дней в i -м месяце, пригодных для эксплуатации ледяной (IR) и снежно-ледяной (ISR) дороги (окончание $_{el}$ использовалось при раннем наведении дороги (достижении суммы -100 °С после перехода через 0 °С), окончание $_{la}$ – при позднем наведении дороги (достижении суммы -130 °С после перехода через 0 °С) в j -м районе.

В каждую модель вошли 5 серий (по числу районов) по 120 наблюдений (ежемесячные данные о вывозке и погодных условиях с ноября 1999 по октябрь 2009 г.), итого общее количество наблюдений составило 600.

Для объяснения действия факторов, не учтенных в явном виде, но влияющих на колебание вывозки (в моделях коэффициенты A), возникла необходимость включения в модель дополнительных переменных³. Большинство показателей недоступно в территориальном разрезе, поэтому мы были ограничены в выборе методов анализа и факторов. Однако были протестированы несколько гипотез о влиянии на вывозку следующих факторов: 1) плотности дорог и болотистости территории; 2) наличия лесных ресурсов. Эти данные имеют иную структуру⁴, которая не подходит для включения в модель панельных данных, поэтому для тестирования гипотезы мы воспользовались методами математической и непараметрической статистики.

Первая гипотеза предполагает значимое влияние на вывозку наличия лесных ресурсов. В качестве показателя, характеризующего наличие лесных ресурсов, была выбрана расчетная лесосека по рубкам главного пользования⁵. С помощью программы Statistica был проведен дисперсионный анализ. Фактором разбиения на группы стала именно обеспеченность расчетной лесосекой (однофакторный дисперсионный анализ). Для чего в каждом периоде в отдельности (месяце) была произведена процедура ранжирования. В зависимости от величины расчетной лесосеки в конкретном районе присваивался ранг: 1 – району, наиболее обеспеченному лесосекой, 5 – району, наименее обеспеченному лесосекой. Процедура повторялась для каждого периода (120 периодов), таким образом, был сформирован новый массив данных, где в каждый период вывозка пяти районов была проранжирована исходя из величины расчетной лесосеки в конкретном районе.

Аналогичным способом была проверена гипотеза о влиянии на вывозку древесины условий транспортирования. Оценивались плотность автомобильных дорог, которая позволяет осуществлять лесозаготовки независимо от природных условий и сезонной транспортной инфраструктуры. Также, учитывая существенные отличия районов по болотистости, была рассчитана скорректированная плотность автомобильных дорог, которая учитывала только территорию свободную от болот. В результате были проведены

³ Например, наличие древесины, густота дорожной сети круглогодичного пользования, численность трудящихся и их оснащенность специализированной техникой, количество используемых лесовозов, тип местности и др.

⁴ Показатели протяженности дорог представлены на конец года, а показатели по расчетной лесосеке – на начало года.

⁵ Это ежегодная допустимая норма изъятия древесины, при которой обеспечиваются принципы рационального, непрерывного и неистощимого пользования лесным фондом. Превышение данного показателя возможно только за счет недоиспользования расчетной лесосеки за предыдущий год. Еще одним его полезным свойством является способность отражать изменения лесного законодательства.

два однофакторных дисперсионных анализа для плотности дорог и скорректированной плотности дорог.

В случае подтверждения гипотезы о значимом влиянии фактора разбиения (лесосеки и плотности дорог) предполагается силы и направление связи оценить с помощью коэффициента Спирмена. Для использования коэффициента все 600 наблюдений по вывозке необходимо упорядочить по убыванию. Более высокие ранги получают большие значения вывозки, более низкие ранги – меньшие. Аналогично и для плотности дорог и лесосеки. Таким образом, получим, что вывозка древесины имеет диапазон рангов от 1 до 496; плотность дорог – от 1 до 52; плотность дорог, скорректированная на болотистость территории, – от 1 до 52, лесосека – от 1 до 70.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты расчета зависимости объема вывозки древесины от количества дней функционирования ледяных и снежно-ледяных дорог при раннем и позднем начале их эксплуатации представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов по моделям панельных данных с фиксированными эффектами

Показатель	Варианты регрессора			
	<i>IR_el</i>	<i>IR_la</i>	<i>ISR_el</i>	<i>ISR_la</i>
Константа <i>A</i>	62,366	62,721	64,148	64,389
Коэффициент <i>B</i>	1,485	1,522	1,723	1,746
C_{Sev}	-21,698	-21,894	-22,349	-22,365
C_{Cen}	29,999	30,152	29,728	29,794
C_{YV}	55,346	55,097	55,499	55,463
C_{YZP}	-44,751	-44,808	-44,522	-44,522
C_{YZS}	-18,897	-18,547	-18,356	-18,371
R^2	0,757	0,758	0,738	0,740
<i>F-stat</i>	369,186	376,134	338,790	342,273

Для всех моделей включенный фактор и константа статистически значимы. Значение коэффициента детерминации говорит о приемлемой объясняющей способности приведенных моделей. Полученные результаты демонстрируют, что один день эксплуатации снежно-ледяного зимника при позднем наведении прибавляет к дневной вывозке 1746 м³, в то время как при раннем наведении ледяной дороги один день ее эксплуатации добавляет к дневной вывозке только 1485 м³. Это не означает, что снежно-ледяные дороги увеличивают вывозку древесины, наоборот, сокращение сроков ее эксплуатации заставляет лесозаготовителей увеличивать интенсивность ее использования. За исследуемый период разница в сроках функционирования указанных зимников за сезон в среднем по исследуемым зонам РК составила 29 дней. Нельзя оставить без внимания и то, что для районов Север (C_{Sev}), Юго-Запад Приладожье (C_{YZP}) и Юго-Запад Суоярви (C_{YZS}) действуют неучтенные в модели факторы, которые уменьшают вывозку

конкретного района. Для Центра (C_{cen}) и Юго-Востока (C_{yv}), напротив, действуют индивидуальные факторы, которые способствуют превышению вывозки над значением, выраженным в коэффициенте A .

Результаты однофакторного дисперсионного анализа позволяют отвергнуть нулевую гипотезу о том, что категориальные факторы: плотность автодорог ($Dens_TR$), скорректированная с учетом болот плотность автодорог ($No_swamp_dens_TR$) и расчетная лесосека ($Leka$), не оказывают влияния на результирующий показатель вывозки (V_{ij}). Мы имеем значимое различие для переменных, поскольку оцененный критерий $F(Dens_TR)=240,7$, $F(No_swamp_dens_TR)=225,3$, $F(Leka)=155,6$ превосходит критическое значение $F(4;\infty)=2,37$ (табл. 3–5).

Связь (согласно коэффициенту Спирмена) между объемом вывозки древесины и размером расчетной лесосеки сильная, положительная и статистически значимая. Для расчетной лесосеки коэффициент Спирмена составила $-0,770^6$. Видна связь размеров лесосеки и районных коэффициентов, которые получены в модели панельных данных (см. табл. 2). Три района с наименьшей лесосекой демонстрируют отрицательные районные эффекты, а два района, наиболее обеспеченные лесными ресурсами, имеют значительные положительные эффекты. Заметим, что помимо обеспеченности лесами на районный коэффициент будет оказывать влияние их доступность.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа по плотности автодорог

Показатель	<i>SS</i>	Степени	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Св. член	3354631	1	3354631	3850,540	0,00
$Dens_TR$	838761	4	209690	240,688	0,00
Ошибка	518370	595	871	–	–

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа по плотности автодорог, скорректированной на болотистость территории

Показатель	<i>SS</i>	Степени	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Св. член	3354631	1	3354631	3698,116	0,00
$No_swamp_dens_TR$	817396	4	204349	225,273	0,00
Ошибка	539736	595	907	–	–

Таблица 5

Результаты дисперсионного анализа по расчетной лесосеке

Показатель	<i>SS</i>	Степени	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Св. член	3357476	1	3357476	3011,982	0,00
$Leka$	693881	4	173470	155,620	0,00
Ошибка	663250	595	1115	–	–

⁶ Коэффициент значим на уровне вероятности $p < 0.05$.

Существенное значение здесь играет плотность дорог и болотистость местности. Для плотности автодорог коэффициент Спирмена составил $-0,388$, для плотности с учетом болот $-0,376$ ⁷. Однако связь является умеренной, более того, носит отрицательный характер. То есть при увеличении плотности дорог наблюдается сокращение вывозки древесины. Полученные результаты являются следствием перехода к рыночной экономике, когда леса вблизи от существующей транспортной инфраструктуры оказались наиболее коммерчески привлекательными и стали осваиваться в первую очередь, что впоследствии привело их к истощению. В пользу данной интерпретации можно привести динамику процента освоения расчетной лесосеки. За рассматриваемый период в целом по РК этот показатель находился на уровне 60–70 %. А в последние годы процент освоения расчетной лесосеки на фоне ее увеличения снизился до 50 %. По-видимому, формальное расширение ресурсной базы не стало стимулом к наращиванию вывозки древесины. Это может выражаться в том, что новые лесные массивы были выделены в значительном отдалении от путей сообщения. И в результате появляются районы, которые испытывают ограничения в связи с недостаточностью дорог.

В зоне Юго-Запад Приладожье, где самая высокая плотность дорожной сети в РК и самый низкий процент болот, в 1995–1999 гг. небольшая по объему расчетная лесосека осваивалась практически полностью. Следовательно, ограничителем роста в данной зоне выступала именно лесосека и наращивание плотности дорог уже не может способствовать наращиванию вывозки. При этом один месяц работы зимника в этой зоне позволяет увеличить объемы вывозки древесины в 2,5 раза⁸. Все это приводит к мысли, что в данном случае большее влияние оказывает другой зимний фактор, оставшийся за пределами нашего исследования, – промерзание почвы и, как следствие, увеличение несущей способности покрытия существующей сети грунтовых дорог.

В соседней зоне Юго-Запад Суоярви процент освоения расчетной лесосеки в наблюдаемые годы превышал 85 %, лишь в 2007 г. началось его снижение. Как и Приладожье данная зона обладает высокой плотностью дорожной сети и относительно небольшой расчетной лесосекой, при этом высоким уровнем заболоченности. Один месяц эксплуатации зимника позволяет удвоить результаты вывозки древесины по сравнению с летним месяцем. Аналогичный эффект наблюдается и у зоны Север, для которой характерна самая низкая плотность дорожной сети. При этом на Севере средний срок эксплуатации ледяных дорог в исследуемом периоде был на 17 дней больше, чем в Суоярви. Это позволяет сделать вывод о том, что в случае потепления климата наибольшее падение показателей вывозки древесины за год произойдет именно в зоне Север.

Наименее подверженные климатическому влиянию оказались зоны Центр и Юго-Восток. Для Центра (наиболее заболоченного и предпоследнего по обеспеченности дорогами, но с большой лесосекой) заметно, что на протяжении всего исследуемого периода значительно недобираются

⁷ Коэффициенты значимы на уровне вероятности $p < 0,05$.

⁸ $V_{VZP} = 62,366 - 44,751 + 1,485 \cdot 30$.

показатели допустимой рубки. Можно предполагать, что в случае роста обеспеченности дорогами его показатели вывозки (величина районного коэффициента C_{Cen}) были бы еще большими. Как в случае с зоной Юго-Восток, где из-за меньшей заболоченности выше обеспеченность дорогами и самый высокий районный коэффициент (C_{YV}). Вместе с тем следует отметить, что в этих зонах находятся основные деревоперерабатывающие предприятия РК, в том числе и обладающие финансовыми возможностями для поддержания и развития сети лесовозных дорог, покупки современной лесозаготовительной техники. Это могло поспособствовать увеличению районных коэффициентов, тем самым снизив зависимость от климатического фактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на данных 1999–2009 гг. в РК доказано наличие положительной связи между объемом вывозки древесины и погодными условиями, подходящими для эксплуатации зимников. В зависимости от типа используемого зимника ежедневный прирост вывозки увеличивается в диапазоне от 1485 до 1746 м³. Вместе с тем использование менее устойчивых к потеплению снежно-ледяных дорог предполагает увеличение интенсивности их использования, а значит повышение расходов на оплату труда, на текущий ремонт дорог, на текущий и капитальный ремонт лесовозной техники и сокращение межремонтного ресурса.

Наиболее уязвимым с точки зрения изменения климата оказалась зона Север, где при высокой заболоченности и низкой плотности дорожной сети, один месяц эксплуатации зимника позволяет удвоить результаты вывозки древесины по сравнению с аналогичным периодом летом. При этом на Севере сроки эксплуатации ледяных дорог в исследуемом периоде были максимальными. Вместе с тем, по-видимому, промерзание почвы в зимний период увеличивает несущую способность покрытия имеющейся сети грунтовых дорог, тем самым наряду со строительством временных дорог способствует росту вывозки древесины в зимний сезон.

Безусловно, потепление климата будет сокращать сроки эксплуатации зимников. Для стабильной работы лесного сектора в РК необходимо находить способы инвестирования в развитие круглогодичной дорожной инфраструктуры, поскольку возможности для интенсивной эксплуатации лесов вблизи существующей транспортной инфраструктуры в существенной степени исчерпаны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторский коллектив выражает благодарность сотрудникам ФИЦ Карельского научного центра РАН, Петрозаводского государственного университета, министерства экономического развития Республики Карелия, филиала ФГБУ «Рослесинфорг» «Кареллеспроект», редакции газеты «Лесная Карелия» за помощь в сборе данных и материалов для реализации проекта, а также сотрудникам Института проблем управления РАН за ценные советы и консультации по вопросам непараметрической статистики.

Литература

1. Атлас Карельской АССР: учеб.-справ. картограф. пособие / редкол.: А.Н. Трофимов и [др.]. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1989. 40 с.
2. Болотов О.В. Методологические основы планирования экономически эффективного освоения лесов // Лесной вестник. 2013. № 1. С. 12–15.
3. Владимирский Б.М., Мартынюк В.С. Первое глобальное похолодание 21 века: возможные геополитические последствия Геополитика и экогеодинамика регионов. 2007. Т.3. № 1. С. 6–14.
4. Ковалев А.П. Лесные ресурсы Дальнего Востока, их использование и воспроизводство // Вестник ИрГСХА. 2015. № 71. С. 59–64.
5. Лукашевич В.М., Щеголева Л.В. Методика планирования освоения лесных ресурсов с учетом сезонности лесозаготовок // Глобальный научный потенциал. 2014. № 8. С. 134–136.
6. Мельник М.А. Некоторые аспекты транспортной доступности лесных ресурсов Западной Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2015. Т. 3. № 4. С. 79–83.
7. Мониторинг и сохранение биоразнообразия таежных экосистем Европейского Севера России / под общ. ред. П.И. Данилова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 310 с.
8. Оценка и управление природными рисками / под ред. А.Л. Рагозина. М.: Издательская фирма «КРУК», 2003. 320 с.
9. Оценка транспортного освоения лесных ресурсов с учетом сезонности: методические указания / Л.В. Щеголева и [др.]. Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2008. 40 с.
10. Порфирьев Б.Н. Природа и экономика: риски взаимодействия. (Эколого-экономические очерки). М.: Анкил, 2011. 352 с.
11. Порфирьев Б.Н. Экономические последствия катастрофического наводнения на Дальнем Востоке в 2013 г. // Регион: экономика и социология. 2015. № 3. С. 257–272.
12. Смолина С.Г. Оценка перспектив развития речного транспорта России на основе прогноза изменений стока и морфодинамики гидросети вследствие глобального потепления климата // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2009. Т. 42. С. 220–237.
13. Сценарный прогноз развития Северного морского пути / Н.И. Комков и [др.] // Проблемы прогнозирования. 2016. № 2. С. 87–98.
14. Чугункова А.В. Исследование влияния глобального изменения климата на потенциальную продолжительность лесозаготовительного сезона // Исследования молодых ученых: экономическая теория, социология, отраслевая и региональная экономика. 2016. С. 297–301.
15. Шегельман И.Р., Лукашевич В.М. Оценка сезонности при подготовке лесозаготовительного производства // Фундаментальные исследования. 2011. № 12-3. С. 599–603.
16. Шегельман И.Р., Щеголева Л.В., Лукашевич В.М. Обоснование периода эксплуатации зимних лесовозных дорог // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2007. № 2. С. 54–57.
17. Якушева Т.В. Комплексная оценка доступности лесных ресурсов с учетом развития лесной транспортной инфраструктуры на территории Северо-Западного Федерального округа // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 5. С. 113–117.
18. Mullan D. et al. Climate change and the long-term viability of the World's busiest heavy haul ice road // Theoretical and Applied Climatology. 2017. Vol. 129. № 3-4. P. 1089–1108.
19. Goltsev V., Lopatin E. The impact of climate change on the technical accessibility of forests in the Tikhvin District of the Leningrad Region of Russia // International Journal of Forest Engineering. 2013. 24:2. P. 148–160.

20. *Prowse T.D. et al.* Implications of Climate Change for Economic Development in Northern Canada: Energy, Resource, and Transportation Sectors // *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 2009. Vol. 38. № 5. P. 272–281.
21. *Loneragan S., Di Francesco R., Woo M.* Climate Change and Transportation in Northern Canada: An Integrated Impact Assessment // *Climatic Change*. 1993. Vol. 24. P. 331–351.
22. *Love G., Soares A., Püempel H.* Climate Change, Climate Variability and Transportation // *Procedia Environmental Sciences*. 2010. Vol. 1. P. 130–145.
23. *Travis W.R.* Weather and climate extremes: Pacemakers of adaptation? // *Weather and Climate Extremes*. 2014. Vol. 5-6. P. 29–39.
24. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. [Электронный ресурс] / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ). 2014. URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: 15.03.2017).
25. Карта-схема арендаторов лесного фонда Карелии 2013. [Электронный ресурс] / Лесной портал Карелии. URL: <http://www.forest-karelia.ru/?id=771>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: 25.04.2017).
26. *Kirkup K.* Climate Change Impacting Vital Winter Roads For First Nations. [Электронный ресурс] / HUFFPOST. URL: http://www.huffingtonpost.ca/2016/01/03/climate-change-affecting-vital-winter-roads-for-first-nations-leaders_n_8907798.html, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 15.02.2017).
27. *Rio Tinto*. 2006. Sustainable development review. [Электронный ресурс] / UAB. URL: http://ddd.uab.cat/pub/infosos/44484/isRIOTINTOa2006_ieng.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 10.03.2017).
28. *Sawyer D.* The Economic Implications of Climate Change on Transportation Assets: An analysis framework August 2014. [Электронный ресурс] / International Institute for Sustainable Development. URL: http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/climate_change_transportation_assets.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 15.02.2017).
29. *Stern N.* Stern review: The Economics of Climate Change. [Электронный ресурс] / HM TREASURY. 2006. URL: http://library.uniteddiversity.coop/Climate_Change/Stern_Report-Economics_of_Climate_Change.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 15.03.2017).
30. *Taylor S., Parry J.-E.* Enhancing the Resilience of Manitoba's Winter Roads System. [Электронный ресурс] / International Institute for Sustainable Development. 2014. URL: http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/winter_roads.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 15.02.2017).
31. Transportation & Climate Change in Manitoba – Proceedings. [Электронный ресурс] / University of Manitoba Transport Institute. 2003. URL: <http://umanitoba.ca/faculties/management/ti/media/docs/climate.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 15.02.2017).

Bibliography

1. Atlas Karel'skoj ASSR: ucheb.-sprav. kartograf. posobie / redkol.: A.N. Trofimov i [dr.]. M.: Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii pri Sovete Ministrov SSSR, 1989. 40 p.
2. *Bolotov O.V.* Metodologicheskie osnovy planirovanija jekonomicheski jeffektivnogo osvoenija lesov // *Lesnoj vestnik*. 2013. № 1. P. 12–15.
3. *Vladimirskij B.M., Martynjuk V.S.* Pervoe global'noe pohlodanie 21 veka: vozmozhnye geopoliticheskie posledstviya Geopolitika i jekogeodinamika regionov. 2007. Vol. 3. № 1. P. 6–14.
4. *Kovalev A.P.* Lesnye resursy Dal'nego Vostoka, ih ispol'zovanie i vosproizvodstvo // *Vestnik IrGSHA*. 2015. № 71. P. 59–64.

5. *Lukashevich V.M., Shhjogoleva L.V.* Metodika planirovanija osvoenija lesnyh resursov s uchetom sezonnosti lesozagotovok // *Global'nyj nauchnyj potencial*. 2014. № 8. P. 134–136.
6. *Mel'nik M.A.* Nekotorye aspekty transportnoj dostupnosti lesnyh resursov Zapadnoj Sibiri // *Interjekspo Geo-Sibir'*. 2015. Vol. 3. № 4. P. 79–83.
7. Monitoring i sohranenie bioraznoobrazija tajozhnyh jekosistem Evropejskogo Severa Rossii / pod obshh. red. P.I. Danilova. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2010. 310 p.
8. Ocenka i upravlenie prirodnyimi riskami / pod red. A.L. Ragozina. M.: Izdatel'skaja firma «KRUK», 2003. 320 p.
9. Ocenka transportnogo osvoenija lesnyh resursov s uchetom sezonnosti: metodicheskie ukazanija / L.V. Shhjogoleva i [dr.]. Petrozavodsk: Izdatel'stvo PetrGU, 2008. 40 p.
10. *Porfir'ev B.N.* Priroda i jekonomika: riski vzaimodejstvija. (Jekologo-jekonomicheskie ocherki). M.: Ankil, 2011. 352 p.
11. *Porfir'ev B.N.* Jekonomicheskie posledstvija katastroficheskogo navodnenija na Dal'nem Vostoke v 2013 g. // *Region: jekonomika i sociologija*. 2015. № 3. P. 257–272.
12. *Smolina S.G.* Ocenka perspektiv razvitija rechnogo transporta Rossii na osnove prognoza izmenenij stoka i morfodinamiki gidroseti vsledstvie global'nogo poteplenija klimata // *Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossijskoj akademii nauk*. 2009. Vol. 42. P. 220–237.
13. Scenarnyj prognoz razvitija Severnogo morskogo puti / N.I. Komkov i [dr.] // *Problemy prognozirovanija*. 2016. № 2. P. 87–98.
14. *Chugunkova A.V.* Issledovanie vlijanija global'nogo izmenenija klimata na potencial'nuju prodolzhitel'nost' lesozagotovitel'nogo sezona // *Issledovanija molodyh uchjonyh: jekonomicheskaja teorija, sociologija, otraslevaja i regional'naja jekonomika*. 2016. P. 297–301.
15. *Shegel'man I.R., Lukashevich V.M.* Ocenka sezonnosti pri podgotovke lesozagotovitel'nogo proizvodstva // *Fundamental'nye issledovanija*. 2011. № 12-3. P. 599–603.
16. *Shegel'man I.R., Shhegoleva L.V., Lukashevich V.M.* Obosnovanie perioda jekspluatacii zimnih lesovoznnyh dorog // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2007. № 2. P. 54–57.
17. *Jakusheva T.V.* Kompleksnaja ocenka dostupnosti lesnyh resursov s uchetom razvitija lesnoj transportnoj infrastruktury na territorii Severo-Zapadnogo Federal'nogo okruga // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2014. № 5. P. 113–117.
18. *Mullan D.et al.* Climate change and the long-term viability of the World's busiest heavy haul ice road // *Theoretical and Applied Climatology*. 2017. Vol. 129. № 3-4. P. 1089–1108.
19. *Goltsev V., Lopatin E.* The impact of climate change on the technical accessibility of forests in the Tikhvin District of the Leningrad Region of Russia // *International Journal of Forest Engineering*. 2013. 24:2. P. 148–160.
20. *Prowse T.D. et al.* Implications of Climate Change for Economic Development in Northern Canada: Energy, Resource, and Transportation Sectors // *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 2009. Vol. 38. № 5. P. 272–281.
21. *Loneragan S., Di Francesco R., Woo M.* Climate Change and Transportation in Northern Canada: An Integrated Impact Assessment // *Climatic Change*. 1993. Vol. 24. P. 331–351.
22. *Love G., Soares A., Püempel H.* Climate Change, Climate Variability and Transportation // *Procedia Environmental Sciences*. 2010. Vol. 1. P. 130–145.
23. *Travis W.R.* Weather and climate extremes: Pacemakers of adaptation? // *Weather and Climate Extremes*. 2014. Vol. 5-6. P. 29–39.
24. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii. [Jelektronnyj resurs] / Federal'naja sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhajushhej sredy (ROSGIDROMET). 2014. URL: <http://cc.voekovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2.pdf>, svobodnyj. Zagl. s jekrana. Jaz. rus. (data obrashhenija: 15.03.2017).

25. Karta-shema arendatorov lesnogo fonda Karelii 2013. [Jelektronnyj resurs] / Lesnoj portal Karelii. URL: <http://www.forest-karelia.ru/?id=771>, svobodnyj. Zagl. s jekrana. Jaz. rus. (data obrashhenija: 25.04.2017).
26. *Kirkup K.* Climate Change Impacting Vital Winter Roads For First Nations. [Jelektronnyj resurs] / HUFFPOST. URL: http://www.huffingtonpost.ca/2016/01/03/climate-change-affecting-vital-winter-roads-for-first-nations-leaders_n_8907798.html, svobodnyj. Zagl. s jekrana. Jaz. angl. (data obrashhenija: 15.02.2017).
27. *Rio Tinto.* 2006. Sustainable development review. [Jelektronnyj resurs] / UAB. URL: http://ddd.uab.cat/pub/infos/44484/isRIOTINTOa2006_ieng.pdf, vobodnyj. Zagl. s jekrana. Jaz. angl. (data obrashhenija: 10.03.2017).
28. *Sawyer D.* The Economic Implications of Climate Change on Transportation Assets: An analysis framework August 2014. [Jelektronnyj resurs] / International Institute for Sustainable Development. URL: http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/climate_change_transportation_assets.pdf, svobodnyj. Zagl. s jekrana. Jaz. angl. (data obrashhenija: 15.02.2017).
29. *Stern N.* Stern review: The Economics of Climate Change. [Jelektronnyj resurs] / HM TREASURY. 2006. URL: http://library.uniteddiversity.coop/Climate_Change/Stern_Report-Economics_of_Climate_Change.pdf, svobodnyj. Zagl. s jekrana. Jaz. angl. (data obrashhenija: 15.03.2017).
30. *Taylor S., Parry J.-E.* Enhancing the Resilience of Manitoba's Winter Roads System. [Jelektronnyj resurs] / International Institute for Sustainable Development. 2014. URL: http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/winter_roads.pdf, svobodnyj. Zagl. s jekrana. Jaz. angl. (data obrashhenija: 15.02.2017).
31. Transportation & Climate Change in Manitoba – Proceedings. [Jelektronnyj resurs] / University of Manitoba Transport Institute. 2003. URL: <http://umanitoba.ca/faculties/management/ti/media/docs/climate.pdf>, svobodnyj. Zagl. s jekrana. Jaz. angl. (data obrashhenija: 15.02.2017).