

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОБЪЕМЫ ЛЕСОЗАГОТОВОК РЕГИОНОВ СИБИРИ В 1946–1992 годах

**Антон Игоревич ПЫЖЕВ,**

кандидат экономических наук, доцент,  
Сибирский федеральный университет,  
г. Красноярск, Российская Федерация,  
e-mail: apyzhev@sfu-kras.ru

**Цитирование:** Пыжев, А. И. (2020). Глобальные изменения климата и объемы лесозаготовок регионов Сибири в 1946–1992 годах // *Terra Economicus*, 18(1), 140–153. DOI: 10.18522/2073-6606-2020-18-1-140-153

Несмотря на все более широкое обсуждение проблем экономики климатических изменений, наблюдается дефицит эмпирических исследований возможных последствий глобального потепления для отраслей природопользования. Эта проблема особенно актуальна для богатой природными и земельными ресурсами России, для которой как раз работы такого рода практически отсутствуют. В настоящей статье на основе имеющейся статистики лесозаготовок в регионах России (РСФСР) за период с 1946 по 1992 г. и соответствующей метеорологической информации выполнен анализ причинности по Грэнджеру с применением процедуры Тоды – Ямамото в контексте проблемы влияния постепенного изменения климата на объемы лесозаготовок с учетом пространственной дифференциации. Полученные результаты показывают, что, несмотря на тенденции постепенного увеличения температуры воздуха в рассмотренных регионах, совпадающие с общемировыми, оснований для того, чтобы считать данный эффект причиной наращивания объемов лесозаготовок в наблюдаемый период, нет. Аналогичные результаты получены для осадков. Данный вывод может объясняться тем, что: а) в рассматриваемом периоде значительный рост общего объема лесозаготовок определялся высокими темпами роста всей советской экономики, но не был ограничен состоянием ресурсной базы отрасли; б) начало изменения температур пришлось примерно на середину периода и не успело оказать существенного влияния на состояние ресурсной базы отрасли.

**Ключевые слова:** экономика лесного хозяйства; изменение климата; эконометрический анализ; причинность по Грэнджеру; процедура Тоды – Ямамото; статистика СССР

**Благодарность:** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-18-00145) «Моделирование взаимного влияния процессов изменения климата и развития лесного хозяйства регионов Сибири».

## GLOBAL CLIMATE CHANGE AND LOGGING VOLUMES IN SIBERIAN REGIONS FROM 1946 TO 1992

**Anton I. PYZHEV,**

Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor,  
Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russian Federation,  
e-mail: apyzhev@sfu-kras.ru

**Citation:** Pyzhev, A. I. (2020). Global climate change and logging volumes in Siberian regions from 1946 to 1992. *Terra Economicus*, 18(1), 140–153. DOI: 10.18522/2073-6606-2020-18-1-140-153

*Despite the growing discussion of the problems of the economy of climate change, there is a lack of empirical research on the possible effects of global warming on natural resource management. This problem is especially important for Russia, rich in natural and land resources but showing significant research gap in related fields. In this article, the author focuses on the effects of a gradually changing climate on the logging volume, taking into account the spatial differentiation of the Russian regions. The statistics of logging in the regions of Russia (RSFSR) and the corresponding meteorological information are both available for the period from 1946 to 1992. The analysis of causality relies on the well-known Granger test with Toda – Yamamoto procedure. As the research findings show, the global trends of gradual increase in air temperature in the regions concerned coincide with the global trends. However, despite this fact, there is no reason to consider this effect as the reason for the increase in the logging volume in the observed period. Similar results were obtained for precipitation. Two facts can explain this conclusion: a) in the period under review there was a significant growth in the total volume of logging, which was determined by high rates of growth of the entire Soviet economy but was not limited to the state of the resource base of the industry; b) the beginning of temperature changes had to be about the middle of the period and did not have time to have a significant impact on the state of the resource base of the industry.*

**Acknowledgement:** *The research was funded by a grant from the Russian Science Foundation (project no. 19-18-00145), “Modeling of the mutual impact of climate change processes and the development of the forestry economy: case-study of Siberian regions”.*

**Keywords:** *forest economics; climate change; econometric analysis; Granger causality; Toda – Yamamoto procedure; USSR statistics*

**JEL codes:** *Q23, N54, P25*

### **Введение**

Проблема глобального изменения климата давно перестала носить исключительно академический характер, став важным вопросом общественно-политической повестки дня. Экономические последствия наблюдающегося с середины XX в. постепенного увеличения температуры поверхности земли (IPCC, 2014) по-прежнему изучены недостаточно. В силу сложного характера биогеохимических процессов, влияющих на

развитие данной проблемы, требуется все больший объем междисциплинарных исследований, способных находить объяснение наблюдаемых тенденций и выдвигать обоснованные гипотезы об их возможных последствиях.

В разрезе секторов экономики наибольшее влияние изменения климата придется на сельское и лесное хозяйство – отрасли природопользования, ресурсная база которых подвержена непосредственному участию в динамике экосистем (Светлов и др., 2019; Тяглов и др., 2019; Чугункова и др., 2018; Kirilenko, Sedjo, 2007).

Вопросы развития экономики лесного хозяйства России на современном этапе достаточно подробно изучаются в литературе (Антонова, 2017; Антонова, Ломакина, 2018; Гордеев, 2018; Глазырина и др., 2015; Пыжев и др., 2015). Тем не менее проблематика текущего и перспективного влияния изменения климата на экономику лесного хозяйства в стране обсуждается лишь в небольшом числе работ (Порфирьев, 2019; Ivantsova et al., 2019). Необходимо отметить, что эмпирических исследований такого рода очень мало не только в России, но и в мире в целом. Исключения из этого утверждения пока малочисленны, что затрудняет обобщение полученных результатов (Brecka et al., 2018; Peltola et al., 2010; Sohngen, Tian, 2016).

Настоящая работа призвана стать одной из первых попыток эмпирического исследования взаимного влияния процессов изменения климата и развития экономики лесного хозяйства в России. Особенностью исследования является то, что ставится задача ретроспективного анализа данных периода времени, не охваченного современной макростатистикой, что само по себе достаточно редко для актуальных экономических исследований. На основе имеющейся статистики лесозаготовок в регионах России (РСФСР) за период с 1946 по 1992 г. и соответствующей метеорологической информации будет выполнен анализ причинности по Грэнджеру в контексте проблемы влияния постепенного изменения климата на объемы лесозаготовок с учетом пространственной дифференциации.

### **Обзор эмпирических исследований**

За последние несколько десятилетий наблюдается бурный рост количества эмпирических исследований причинно-следственных связей между различными макроэкономическими временными рядами. Предпосылками для развития данного направления являются классические работы Р. Энгла и К. Грэнджера, в которых содержится анализ взаимосвязей временных рядов на основе коинтеграции (Granger, 1969; Granger, 1981; Engle, Granger, 1987).

В данной статье будет применен подход к анализу причинности по Грэнджеру (Granger, 1969), развитый впоследствии в работах для случая нестационарных временных рядов, в том числе неизвестного порядка интегрирования (Toda, Yamamoto, 1995; Bauer, Maupard, 2012).

Причинность по Грэнджеру достаточно широко используется в мировой литературе как по экономике (Lehecka, 2014; Stern, Enflo, 2013), так и по проблемам естественно-научного профиля (Singh, Borrok, 2019). В России данный метод также известен (Тригорьев, 2019; Тетин, 2015), однако без модификаций исходного теста для случая нестационарных временных рядов.

Изучению влияния глобального изменения климата на перспективный спрос на лесную продукцию посвящен ряд работ преимущественно европейских авторов (Brecka et al., 2018; Peltola et al., 2010; Tian et al., 2016).

Отдельно следует обсудить проблематику использования ретроспективной статистики советского периода. Личный опыт автора показывает, что практически все известные российские макроэкономические работы опираются по большей части на статистику из официальных публикаций Росстата. Данные периоды наблюдений, как правило, ограничиваются постсоветским периодом развития страны и крайне редко затрагивают время до распада СССР. Этому можно найти не одно объяснение. Во-первых, сама по себе система статистического учета очень сильно отличалась от той, что развивается в но-

вейшей истории России: политическая и экономическая закрытость страны от внешнего мира предопределяла примат идеологической роли статистики над функцией обеспечения более или менее достоверной информации для принятия решений (Пономаренко, 2000; Ханин, 2016; Ханин, Фомин, 2019). Во-вторых, существенная часть необходимых для анализа показателей попросту не наблюдалась, и статистика по ним отсутствует в принципе, а та, что существует, практически не сопоставима. В-третьих, сами по себе сопоставления принципиально разных экономических систем Советского Союза и современной России представляют крайне сложную теоретическую и практическую задачу. Нельзя также не отметить и сугубо экономическую причину нежелания многих коллег-исследователей «заглядывать в прошлое»: затраты времени и усилий на поиск и попытку сопоставления советской и современной статистики очень существенны, а вероятность успеха, т.е. возможности существенного расширения периода наблюдений, в большинстве случаев невелика. Гораздо проще работать с полностью оцифрованными данными, легко доступными на сайтах официальных статистических органов.

Описанный факт отличает российские эмпирические исследования, существенно обедняя исходные наборы данных и, как следствие, – результаты и выводы, которые могут быть получены на их основе. Проблема российских макроэкономических временных рядов заключается в том, что они пока слишком коротки: если не учитывать период до 1995 г., то к настоящему моменту нет и 25 лет стабильных наблюдений. Лишь небольшая часть показателей доступна в ежеквартальном или ежемесячном измерении. Еще хуже обстоит ситуация со статистикой в разрезе регионов и муниципалитетов. Для применения современных статистических методов, чтобы получить надежные статистические выводы, рядов такого качества и длины, как правило, недостаточно.

Решение указанной проблемы лежит в плоскости как расширения периодов наблюдения за счет статистики советского периода, так и разработки адекватных способов ее сопоставления с данными новейшей экономической истории.

### **Постановка задачи исследования, методы и данные**

Общая цель исследования – тестирование наличия или отсутствия существенного влияния постепенного повышения среднегодовой температуры воздуха на результаты деятельности лесного хозяйства регионов Сибири в период с 1946 по 1992 г. Данный период характеризуется, с одной стороны, совпадением его начала с границей так называемой «индустриальной эпохи» (около 1950-х гг.), когда, в соответствии с упомянутым выше консенсусом, началось существенное изменение среднегодовых температур. С другой стороны, в советской экономической истории это был этап быстрого послевоенного восстановления народного хозяйства и дальнейшей экономической стагнации, приведшей к концу периода к распаду СССР и затяжному кризису.

Данная работа использует понятие причинно-следственной связи в узком смысле, в котором она была сформулирована К. Грэнджером: «переменная  $X$  является причиной [по Грэнджеру] переменной  $Y$ , если предсказательная способность в отношении переменной  $Y$  возрастает при использовании информации о предыдущих значениях  $X$  и  $Y$  за исключением текущего значения  $X$ » (Granger, 1969). Для проведения анализа причинности по Грэнджеру оценивают модель векторной авторегрессии (VAR) следующего вида:

$$Y_t = \sum_{j=1}^m a_j Y_{t-j} + \sum_{j=1}^m b_j X_{t-j} + \varepsilon_t,$$

$$X_t = \sum_{j=1}^m c_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m d_j Y_{t-j} + \eta_t,$$

где  $X$  и  $Y$  – два стационарных временных ряда,  $a, b, c, d$  – коэффициенты,  $\varepsilon, \eta$  – процессы белого шума. Нулевая гипотеза:  $X$  не является причиной по Грэнджеру для  $Y$  ( $b_j = 0$ ). Нулевая гипотеза для обратной причинности:  $Y$  не является причиной по Грэнджеру для  $X$  ( $d_j = 0$ ). Тестирование ведется на основе расчета статистики Вальда в предположении о том, что она асимптотически приближается к распределению  $\chi^2$ . Строго говоря, процедура Грэнджера является тестом на непричинность, что важно помнить при интерпретации его результатов.

Цель модификации Тоды – Ямамото для вышеописанного теста заключается в том, чтобы ослабить предпосылку о стационарности исходных временных рядов, которая является слишком нереалистичной при практическом использовании в большинстве случаев (Toda, Yamamoto, 1995). В отличие от базового теста, в модификации Тоды – Ямамото предлагается оценивать векторную авторегрессию с включением дополнительных лагов переменных вплоть до устранения автокорреляции, но сам тест на причинность проводить на основе вычисления статистики Вальда с количеством лагов, соответствующих наибольшему порядку интегрирования рассматриваемых рядов. Таким образом, достаточно простое изменение позволяет получить тест, робастный к нестационарности анализируемых рядов, что очень важно для практического оценивания<sup>1</sup>.

Расчеты выполнены в среде обработки статистических данных  $R$  (R Core Team, 2018) с пакетами расширения *tidyverse* (Wickham, 2017), *aod* (Lesnoff, Lancelot, 2012), *vars* (Pfaff, 2008), *changepoint* (Killick, Eckley, 2014), *ggplot2* (Wickham, 2016). Для использования модификации Тоды – Ямамото автором был самостоятельно разработан код для  $R$ , автоматизирующий данную процедуру. Методической основой данной разработки послужили примеры, подробно описанные Д. Жилем (Giles, 2012) и К. Пфайффером (Pfeiffer, 2012).

Было принято решение рассматривать Сибирь как совокупность регионов, объединенных преимущественно по географическому признаку, а не только административно-территориальному. Поэтому в выборку вошли регионы, располагающиеся на территории нынешних Сибирского и Дальневосточного федерального округов, а также Тюменская и Курганская области, географически размещенные в Западной Сибири. Представляется, что такой подход не только позволяет расширить пространство для анализа, но и лучше агрегирует биогеоэкологическую общность территорий России, расположенных в азиатской части страны.

Отмеченные выше особенности имеющейся в наличии статистики предопределяют возможности и ограничения проводимого исследования. Источниками данных для расчетов послужили публикации подведомственных учреждений Рослесхоза (Лесопользование..., 1996) и Росгидромета (Булыгина и др., 2014).

В частности, в малоиспользуемом в литературе сборнике (Лесопользование..., 1996) доступна информация о фактическом объеме отпуска древесины по всем видам пользования в областях, краях и автономных республиках РСФСР за 1946–1992 гг. Преимуществом использования именно натурального показателя, а не стоимостного является то, что он был меньше подвержен манипуляциям на уровне первичного сбора информации<sup>2</sup>.

Другие данные об экономической деятельности лесного хозяйства доступны или в диапазоне пятилеток или без регионального разреза, что сузило перечень возможных показателей. Тем не менее объем отпуска древесины можно считать базовым прокси в качестве показателя результативности лесозаготовительной деятельности.

Полнота и разнообразие метеорологической информации ожидаемо выше. Росгидромет публикует информацию о ежедневных метеонаблюдениях за рядом показателей по более чем 600 метеостанциям как минимум с 1960-х гг. По большинству старых метеостанций наблюдения начинаются с 1860-х гг., но эта статистика малоприменима из-за отсутствия экономических данных и проблемы их сопоставимости.

<sup>1</sup> Здесь мы подробно не рассматриваем и не используем в расчетах следующую модификацию уже подхода Тоды – Ямамото, поскольку она адресована случаям долговременных рядов со структурными сдвигами, а в отсутствие таких особенностей может существенно сокращать мощность теста (Bauer, Maynard, 2012).

<sup>2</sup> Подробное описание данного явления содержится в работах Г.И. Ханина, например: Ханин, 2016; Ханин, Фомин, 2019.

Важным вопросом являлся выбор метеостанций, по которым наблюдались метеорологические показатели. Вначале были выбраны станции, расположенные в административных центрах регионов. Однако далеко не по всем из них данные были доступны вообще (например, Новосибирск), а по части ряды были слишком коротки. Кроме того, далеко не во всех регионах административные центры располагаются вблизи основных районов лесозаготовок, что снижает репрезентативность результатов метеонаблюдений с учетом поставленной задачи. В итоге было принято решение подбирать метеостанции, исходя из а) географической близости к основным районам лесозаготовок внутри региона и б) доступности максимального периода метеонаблюдений. Были агрегированы по годам среднегодовые температуры воздуха и просуммированы осадки.

Всего в выборке 886 наблюдений по 19 регионам. Максимальная длина индивидуального ряда наблюдений составляет 47 лет, что сопоставимо с другими исследованиями, использующими сходную методологию (Singh, Vorrok, 2019). Отсутствовали наблюдения лишь по двум точкам в разные годы для двух регионов, поэтому данными наблюдениями было решено пренебречь, заменив их значение средними. Названия регионов и их административно-территориальное деление приводятся в соответствии с историческими (см. табл. 1).

Таблица 1

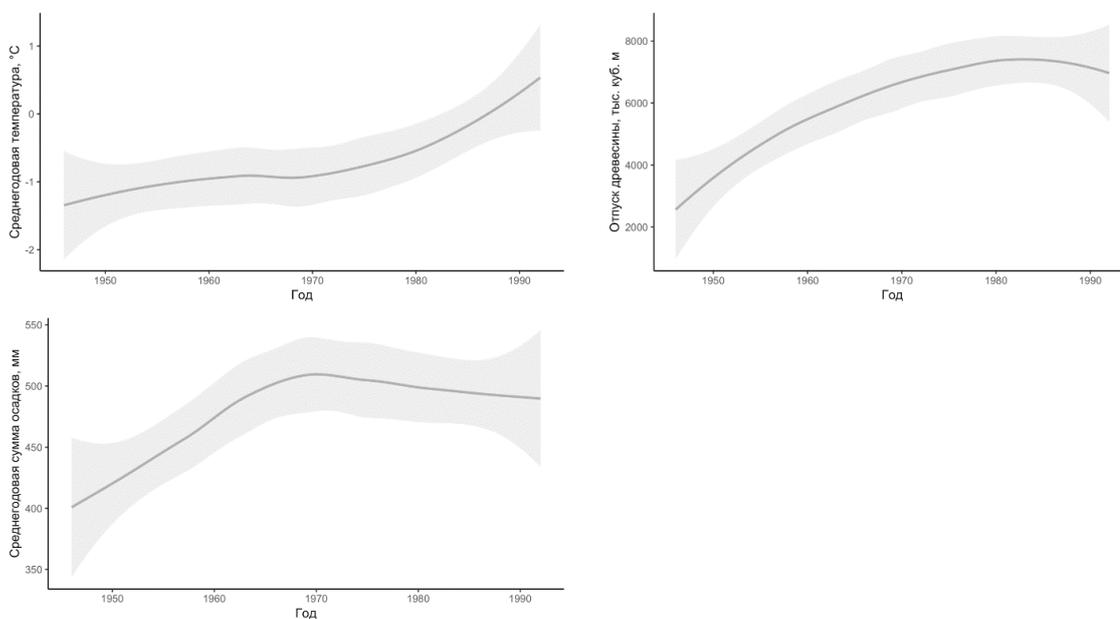
## Описательные статистики для рассматриваемых переменных

Регион	Среднее ±			T
	Среднегодовая температура, °C	Среднегодовая сумма осадков, мм	Отпуск древесины, тыс. куб. м ликвидной древесины	
Алтайский край	1,04 ±	311,89 ±	3592,34 ±	47
Амурская область	0,67 0,93	562,44 ±	4291,79 ±	47
Бурятская ССР	-5,94 ±	354,01 ±	5201,28 ±	47
Читинская область	-2,43 ±	342,34 ±	4912,62 ±	47
Иркутская область	-1,44 ±	351,89 ±	23 651,60 ±	47
Камчатская область	2,12 ±	1 092,43 ±	827,19 ±	47
Кемеровская область	0,62 ±	448,16 ±	4035,85 ±	47
Хабаровский край	1,94 1,08	679,91 ±	12 181,90 ±	41
Красноярский край	-1,68 ±	469,53 ±	18 142,40 ±	47
Курганская область	1,85 ±	365,22 ±	1989,55 ±	47
Магаданская область	-3,37 ±	508,39 ±	608,66 ±	47
Новосибирская область	0,06 ±	520,31 ±	1386,68 ±	47
Омская область	1,17 ±	363,27 ±	1661,51 ±	47
Приморский край	2,60 0,79	634,46 ±	5696,98 ±	47
Сахалинская область	2,48 ±	753,41 ±	3609,20 ±	46
Томская область	-1,23 ±	480,66 ±	7561,57 ±	47
Тувинская АССР	-2,80 ±	212,80 ±	530,68 ±	47
Тюменская область	1,30 ±	433,03 ±	11 564,96 ±	47
Якутская – Саха ССР	-9,94 ±	226,96 ±	4159,64 ±	47

**Источник:** рассчитано автором на основе данных ВНИИГМИ – МЦД (Булыгина и др., 2014) и сборника (Лесопользование..., 1996).

Очевидно разнообразие значений показателей для разных регионов (например, среднегодовая температура в Бурятии и Новосибирской области отличается на 6 °С; разброс по показателям отпуска древесины еще выше, поскольку ресурсная база лесозаготовки располагается географически неравномерно), что говорит в пользу необходимости рассмотрения проблематики влияния изменения климата на лесозаготовительную деятельность именно в пространственно-региональном разрезе.

Для лучшей наглядности динамики рассматриваемых переменных были построены диаграммы, агрегированные для всех рассматриваемых регионов в целом (см. рис. 1).



**Рис 1.** Динамика среднегодовой температуры воздуха (°С), отпуска древесины (тыс. куб. м), среднегодовой суммы осадков (мм), агрегированных по регионам Сибири в целом с 1946 по 1992 г.

**Источник:** составлено автором на основе сформированного набора данных.

**Примечание:** полоса вокруг линии обозначает стандартное отклонение.

Из рисунков видно, что динамика среднегодовой температуры воздуха повторяет общемировой тренд на увеличение примерно с рубежа 1950-х гг., но темпы потепления выше, чем в среднем на планете (около 1,5 °С против 0,84 °С) (IPCC, 2014). Динамика осадков, напротив, снижалась начиная с 1970 г. после резкого роста в 1950–1960-х гг. Отпуск древесины рос очень существенно: с 2500 тыс. куб. м в начале периода наблюдений до 7000 тыс. куб. м в конце.

### Результаты моделирования

Для решения поставленной задачи для каждого из рассматриваемых регионов тестировались две гипотезы в рамках подхода к исследованию причинности по Грэнджеру с учетом результата Тоды – Ямамото:

$H_o^t$ : среднегодовая температура не является причиной по Грэнджеру для отпуска древесины на рассматриваемом периоде;

$H_o^p$ : среднегодовая температура не является причиной по Грэнджеру для отпуска древесины на рассматриваемом периоде.

Сначала с помощью методов разности в средних и дисперсиях были уверенно отвергнуты гипотезы о наличии структурных сдвигов в рассматриваемых переменных<sup>3</sup>. Таким образом, подтверждено отсутствие необходимости в использовании процедуры Бауэра – Мейнарда.

Далее было необходимо определить порядки интегрирования, что было проделано на основе расширенного теста Дики – Фуллера (ADF) (Said, Dickey, 1984) и тестов Филлипса – Перрона (PP) (Phillips, Perron, 1988) и Квятковски – Филлипса – Шмидта – Шина (KPSS) (Kwiatkowski et al., 1992). Ряд признавался стационарным, если гипотеза о нестационарности отвергалась для тестов ADF и PP, а гипотеза о стационарности не отвергалась для теста KPSS для 10-процентного уровня значимости. Порядок интегрирования  $I$  был, таким образом, определен для каждой гипотезы (пары признаков) для каждого региона (см. табл. 2). Впоследствии значение  $I$  будет использоваться в рамках процедуры Тоды – Ямамото.

Далее также для каждой гипотезы и каждого региона были определены порядки лагов модели векторной авторегрессии. Процедура данного шага алгоритма основана на оценке соответствующей модели VAR и выявлении оптимального количества лагов на основе одного из информационных критериев. В частности, в данном случае использовался традиционный информационный критерий Акаике (AIC).

После устранения автокорреляции путем дальнейшего увеличения количества лагов до  $p$  строится итоговая модель VAR для количества лагов  $(p+I)$ . При этом тест Вальда проводится без учета  $I$  последних лагов, в чем и заключается особенность процедуры Тоды – Ямамото.

Таблица 2

## Результаты тестирования причинности по Грэнджеру

Регион	$H_0^t$			$H_0^p$		
	Стат. Вальда	I	лаг	Стат. Вальда	I	лаг
Алтайский край	5,42	1	3	0,30	0	9
Амурская область	4,57	3	9	1,65	3	4
Бурятская ССР	3,59	2	3	1,76	2	1
Читинская область	20,54***	1	8	0,34	1	7
Иркутская область	5,81	2	8	3,05	2	6
Камчатская область	0,28	2	2	1,63	2	2
Кемеровская область	0,26	1	1	0,26	1	1
Хабаровский край	49,98***	2	10	0,12	2	1
Красноярский край	0,62	2	1	7,49	2	4
Курганская область	15,41*	2	9	0,39	2	1
Магаданская область	4,42	2	5	6,21	2	10
Новосибирская область	1,56	2	2	2,94	2	2
Омская область	0,48	1	3	9,31	1	9
Приморский край	3,16	2	7	11,79*	2	6
Сахалинская область	0,86	1	1	1,23	0	1
Томская область	0,01	2	1	0,07	2	1
Тувинская АССР	1,64	2	2	0,83	2	1
Тюменская область	0,38	2	2	3,57	2	6
Якутская – Саха ССР	0,78	2	1	0,30	2	1

**Источник:** рассчитано автором на основе сформированного набора данных.

<sup>3</sup> Здесь и далее для экономии места подробности расчетов отдельных элементов общего алгоритма моделирования опущены, если они, как в данном случае, не являются принципиальными для аналитических выводов.

Из таблицы видно, что за редким исключением оснований считать, что потепление климата и изменение режима осадков оказывает отложенное влияние на объемы лесозаготовок, не наблюдается. Исключением являются Читинская и Курганская области и Хабаровский край. В данных случаях зависимости проявляются лишь для глубоких лагов (11–12 лет), т.е. в долгосрочном периоде. Интересно, что регионы располагаются достаточно далеко друг от друга, характеризуются дифференцированными климатическими условиями и существенно различны по запасам древесины и объемам лесозаготовки.

Для крупнейших многолесных регионов, например Красноярского края и Иркутской области, исследуемые зависимости не наблюдаются ни при каких параметрах моделирования. Таким образом, в целом можно считать, что гипотеза об отсутствии статистически значимого влияния изменения климата на объемы лесозаготовительной деятельности в регионах Сибири в 1946–1992 гг. не отвергается.

Данный вывод может объясняться следующими соображениями. Прежде всего, в рассматриваемом периоде происходил значительный рост общего объема лесозаготовок практически во всех рассматриваемых регионах, что, скорее всего, объясняется общей макроэкономической динамикой послевоенного развития СССР и наращиванием спроса на сырье со стороны перерабатывающей и строительной промышленности, которая испытывала бурный подъем в эпоху массового жилищного строительства. С другой стороны, запасы доступной древесины в стране были настолько велики, что наращивание темпов лесозаготовки не сталкивалось с естественными ограничениями, которые могла накладывать динамика лесных экосистем, учитывая, что потепление, как правило, положительно сказывается на приросте, а следовательно, на увеличении запаса древесины.

Кроме того, начало изменения температур пришлось примерно на середину периода наблюдений и не успело оказать существенное влияние на состояние ресурсной базы отрасли с учетом того, что изменение климата, очевидно, носит в основном долгосрочные эффекты, которые плохо заметны в коротком периоде.

### **Заключение**

Изменение климата, по всей видимости, станет одним из важнейших факторов, который будет определять условия хозяйственной и бытовой деятельности человека уже в ближайшем будущем. В высокой степени это утверждение относится к секторам экономики, связанным с природопользованием, в частности – к лесному хозяйству, ресурсная база которого крайне восприимчива к изменению состояния окружающей среды.

Для того чтобы прогнозировать возможные последствия глобального потепления для лесозаготовительной отрасли, необходимо, прежде всего, оценить возможные эффекты на основе ретроспективной статистики и постараться выявить взаимосвязи, которые помогут понять, какие последствия изменений климата действительно важны для экономической деятельности в сфере лесного хозяйства.

В настоящей работе предпринята попытка сделать первый шаг в этом направлении. На основе доступной статистики лесозаготовок в регионах России (РСФСР) за период с 1946 по 1992 г. и соответствующей метеорологической информации выполнен анализ причинности по Грэнджеру с применением процедуры Тоды – Ямамото в контексте проблемы влияния постепенного изменения климата на объемы лесозаготовок с учетом пространственной дифференциации.

Полученные результаты показывают, что, несмотря на тенденции постепенного увеличения температуры воздуха в рассмотренных регионах, совпадающие с общемировыми, оснований для того, чтобы считать данный эффект причиной наращивания объемов лесозаготовок в наблюдаемый период, нет. Аналогичные результаты получены для осадков. Данный вывод может объясняться тем, что: а) в рассматриваемом

периоде происходил значительный рост общего объема лесозаготовок, который тем не менее не был ограничен объемом доступной для рубки древесины; б) эффект начала изменения температур пришелся примерно на середину периода и не успел оказать существенное влияние на состояние ресурсной базы отрасли.

Развитие настоящей работы возможно сразу в нескольких направлениях. Во-первых, необходимо продолжить сбор и обобщение статистики лесного хозяйства советского периода. Во-вторых, учет статистики новейшей экономической истории в этом вопросе также крайне необходим для углубления анализа. Расширение набора экономических показателей позволит провести перекрестный причинно-следственный анализ и получить количественные оценки макроэкономических эффектов как в отраслевом, так и в региональном разрезе.

### ЛИТЕРАТУРА

- Антонова, Н. Е. (2017). Трансформация лесного комплекса за годы российских реформ: дальневосточный срез // *Пространственная экономика*, (3), 83–106. DOI: 10.14530/se.2017.3.083-106.
- Антонова, Н. Е., Ломакина, Н. В. (2018). Природно-ресурсные отрасли Дальнего Востока: новые факторы развития // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, 11 (1), 43–56. DOI: 10.15838/esc/2018.1.55.3.
- Булыгина, О. Н., Разуваев, В. Н., Трофименко, Л. Т., Швец, Н. В. (2014). *Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России*. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. Рег. 20.11.2014. (<http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных>).
- Глазырина, И. П., Яковлева, К. А., Жадина, Н. В. (2015). Социально-экономическая эффективность лесопользования в регионах России // *Регионалистика*, 2 (5–6), 18–33. DOI: 10.14530/reg.2015.5–6.
- Гордеев, Р. В. (2018). Конкуренентоспособность продукции лесного сектора: новые уроки из анализа внешней торговли // *ЭКО*, 9, 63–84. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2018-9-63-84.
- Григорьев, Р. А. (2019). Грейнджеровская причинность для мировых бирж: множество решений // *Terra Economicus*, 17 (3), 146–168. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-3-146-168.
- Лесопользование в Российской Федерации в 1946–1992 гг.* (1996). М.: ВНИИЦлесресурс.
- Пономаренко, А. Н. (2000). Исторические национальные счета России: 1961–1990 гг. // *Экономический журнал ВШЭ*, (4), 505–527.
- Порфирьев, Б. Н. (2019). О мнимой и реальной экономической эффективности борьбы с лесными пожарами в Сибири // *ЭКО*, 11 (545), 8–26.
- Пыжев, А. И., Пыжева, Ю. И., Зандер, Е. В. (2015). *Лесная рента в экономике России: оценка и эффективное использование*. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т.
- Светлов, Н. М., Сиптиц, С. О., Романенко, И. А., Евдокимова, Н. Е. (2019). Влияние изменения климата на размещение отраслей сельского хозяйства России // *Проблемы прогнозирования*, (4), 59–74.
- Тетин, И. А. (2015). Циклы страховой деятельности в России и макроэкономические показатели // *Прикладная эконометрика*, 39 (3), 65–83.
- Тяглов, С. Г., Шевелева, А. В., Парада, Е. В. (2019). Анализ особенностей становления нового экономического механизма рационального использования природных ресурсов в Российской Федерации // *Journal of Economic Regulation*, 10 (3), 50–63. DOI: 10.17835/2078-5429.2019.10.3.050-063.

- Ханин, Г. И. (2016). Надо ли защищать советскую экономику лукавыми цифрами? // *Terra Economicus*, 14 (1), 18–26. DOI: 10.18522/2073-6606-2016-14-1-18-26.
- Ханин, Г. И., Фомин, Д. А. (2019). Инвестиционные, финансовые и институциональные предпосылки возрождения российской промышленности // *Journal of Institutional Studies*, 1 (11), 155–175. DOI: 10.17835/2076-6297.2019.11.1.155-175.
- Чугункова, А. В., Пыжев, А. И., Пыжева, Ю. И. (2018). Влияние глобального изменения климата на экономику лесного и сельского хозяйства: риски и возможности // *Актуальные проблемы экономики и права*, 12 (3), 523–537. DOI: 10.21202/1993-047X.12.2018.3.523-537.
- Bauer, D., Maynard, A. (2012). Persistence-Robust Surplus-Lag Granger Causality Testing // *Journal of Econometrics*, 169 (2), 293–300. DOI: 10.1016/j.jeconom.2012.01.023.
- Brecka, A. F. J., Shahi, C., Chen, H. Y. H. (2018). Climate Change Impacts on Boreal Forest Timber Supply // *Forest Policy and Economics*, 92, 11–21. DOI: 10.1016/j.forpol.2018.03.010.
- Engle, R. F., Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing // *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55 (2), 251–276. DOI: 10.2307/1913236.
- Giles, D. (2012). Testing for Granger Causality. Econometrics Beast: Dave Giles' Blog. (<https://davegiles.blogspot.com/2011/04/testing-for-granger-causality.html> – Access Date: 05.08.2019).
- Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods // *Econometrica*, 37, 424–438.
- Granger, C. W. J. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification // *Journal of Econometrics*, 16 (1), 121–130. DOI: 10.1016/0304-4076(81)90079-8.
- IPCC, 2014. Climate change 2014: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change ([http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_ru.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf) – Access Date: 23.10.2019).
- Ivantsova, E. D., Pyzhev, A. I., Zander, E. V. (2019). Economic consequences of insect pests outbreaks in boreal forests: a literature review // *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 12 (4), 627–642. DOI: 10.17516/1997-1370-0417.
- Killick, R., Eckley, I. A. (2014). Changepoint: An R Package for Changepoint Analysis // *Journal of Statistical Software*, 58 (3), 1–19 (<http://www.jstatsoft.org/v58/i03/>).
- Kirilenko, A., Sedjo, R. (2007). Climate change impacts on forestry // *PNAS*, 104 (50), 19697.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root // *Journal of Econometrics*, 54 (1–3), 159–178.
- Lehecka, G. V. (2014). Have Food and Financial Markets Integrated? // *Applied Economics*, 46 (18), 2087–95. DOI: 10.1080/00036846.2014.894634.
- Lesnoff, M., Lancelot, R. (2012). AOD: Analysis of Overdispersed Data. R package version 1.3.1 (<http://cran.r-project.org/package=aod> – Access Date: 07.08.2019).
- Peltola, H., Ikonen, V.-P., Gregow, H., Strandman, H., Kilpeläinen, A., Venäläinen, A., Kellomäki, S. (2010). Impacts of Climate Change on Timber Production and Regional Risks of Wind-Induced Damage to Forests in Finland // *Forest Ecology and Management*, 260 (5), 833–45. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.06.001.
- Pfaff, B. (2008). VAR, SVAR and SVEC Models: Implementation Within R Package vars // *Journal of Statistical Software*, 27 (4). (<http://www.jstatsoft.org/v27/i04/>).

- Pfeiffer, C. (2012). Toda-Yamamoto implementation in ‘R’. Datazen (<https://datazen.info/toda-yamamoto-implementation-in-r/> – Access Date: 05.08.2019).
- Phillips, P. C. B., Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression // *Biometrika*, 75 (2), 335–346.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (<https://www.R-project.org/> – Access Date: 13.03.2019).
- Said, S. E., Dickey, D. A. (1984). Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order // *Biometrika*, 71, 599–607.
- Singh, N. K., Borrok, D. M. (2019). A Granger Causality Analysis of Groundwater Patterns over a Half-Century // *Nature Scientific Reports*, 9 (1), 12828. DOI: 10.1038/s41598-019-49278-8.
- Sohngen, B., Tian, X. (2016). Global Climate Change Impacts on Forests and Markets // *Forest Policy and Economics*, 72, 18–26. DOI: 10.1016/j.forpol.2016.06.011.
- Stern, D. I., Enflo, K. (2013). Causality between Energy and Output in the Long-Run // *Energy Economics*, 39, 135–46. DOI: 10.1016/j.eneco.2013.05.007.
- Toda, H. Y., Yamamoto, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes // *Journal of Econometrics*, 66, 225–250. DOI: 10.1016/0304-4076(94)01616-8.
- Wickham, H. (2016). *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wickham, H. (2017). Tidyverse: Easily Install and Load the ‘Tidyverse’. R package version 1.2.1 (<https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse> – Access Date: 07.08.2019).

### REFERENCES

- Antonova, N. E. (2017). Transformation of the forest complex during the years of Russian reforms: Far Eastern section. *Spatial economics*, (3), 83–106. DOI:10.14530/se.2017.3.083-106. (In Russian.)
- Antonova, N. E., Lomakina, N. V. (2018). Natural and Resource Industries of the Far East: New Development Factors. *Economic and Social Change: Facts, Trends, Forecast*, 11 (1), 43–56. DOI: 10.15838/esc/2018.1.55.3 (In Russian.)
- Bauer, D., Maynard, A. (2012). Persistence-Robust Surplus-Lag Granger Causality Testing. *Journal of Econometrics*, 169 (2), 293–300. DOI: 10.1016/j.jeconom.2012.01.023.
- Brecka, A. F. J., Shahi, C., Chen, H. Y. H. (2018). Climate Change Impacts on Boreal Forest Timber Supply. *Forest Policy and Economics*, 92, 11–21. DOI: 10.1016/j.forpol.2018.03.010.
- Bulygina, O. N., Razuvaev, V. N., Trofimenko, L. T., Shvets, N. V. (2014). *Description of the data set of mean monthly air temperature at the stations of Russia*. Certificate of state registration of the database № 2014621485. Reg. 20.11.2014. (<http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных>). (In Russian.)
- Chugunkova, A. V., Pyzhev, A. I., Pyzheva, Y. I. (2018). Impact of global climate change on the economy of forestry and agriculture: risks and opportunities. *Actual problems of economic and law*, 12 (3), 523–537. DOI: 10.21202/1993-047X.12.2018.3.523-537 (In Russian.)
- Engle, R. F., Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55 (2), 251–276. DOI: 10.2307/1913236.
- Forest management in the Russian Federation in 1946–1992* (1996). Moscow: VNIITSles-resurs Publ. (In Russian.)

- Giles, D. (2012). Testing for Granger Causality. *Econometrics Beast: Dave Giles' Blog*. (<https://davegiles.blogspot.com/2011/04/testing-for-granger-causality.html> – Access Date: 05.08.2019).
- Glazyrina, I. P., Yakovleva, K. A., Zhadina, N. V. (2015). Socio-economic efficiency of forest use in Russian regions. *Regionalistica*, 2 (5-6), 18–33. DOI: 10.14530/reg.2015.5-6. (In Russian.)
- Gordeev, R. V. (2018). Competitiveness of Forest Products: New Lessons from Foreign Trade Analysis. *ECO*, (9), 63–84. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2018-9-63-84. (In Russian.)
- Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37, 424–438.
- Granger, C. W. J. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal of Econometrics*, 16 (1), 121–130. DOI: 10.1016/0304-4076(81)90079-8.
- Grigoriev, R. A. (2019). Granger causality among world stock markets: Multiple solutions. *Terra Economicus*, 17 (3), 146–168. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-3-146-168. (In Russian.)
- Khanin, G. I. (2016). Whether Soviet economy needs to be protected by the crafty figures? *Terra Economicus*, 14 (1), 18–26. DOI: 10.18522/2073-6606-2016-14-1-18-26. (In Russian.)
- IPCC, 2014. Climate change 2014: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change ([http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_ru.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf) – Access Date: October 23.10.2019).
- Ivantsova, E. D., Pyzhev, A. I., Zander, E. V. (2019). Economic consequences of insect pests outbreaks in boreal forests: a literature review. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 12 (4), 627–642. DOI: 10.17516/1997-1370-0417.
- Khanin, G. I., Fomin, D. A. (2019). Investment, Financial and Institutional Drivers of Russian Industrial Recovery. *Journal of Institutional Studies*, 1 (11), 155–175. DOI: 10.17835/2076-6297.2019.11.1.155-175. (In Russian.)
- Killick, R., Eckley, I. A. (2014). Changepoint: An R Package for Changepoint Analysis. *Journal of Statistical Software*, 58 (3), 1–19. (<http://www.jstatsoft.org/v58/i03/>).
- Kirilenko, A., Sedjo, R. (2007). Climate change impacts on forestry. *PNAS*, 104 (50), 19697.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54 (1–3), 159–178.
- Lehecka, G. V. (2014). Have Food and Financial Markets Integrated? *Applied Economics*, 46 (18), 2087–95. DOI: 10.1080/00036846.2014.894634.
- Lesnoff, M., Lancelot, R. (2012). AOD: Analysis of Overdispersed Data. R package version 1.3.1. (<http://cran.r-project.org/package=aod> – Access Date: 07.08.2019).
- Peltola, H., Ikonen, V.-P., Gregow, H., Strandman, H., Kilpeläinen, A., Venäläinen, A., Kellomäki, S. (2010). Impacts of Climate Change on Timber Production and Regional Risks of Wind-Induced Damage to Forests in Finland. *Forest Ecology and Management*, 260 (5), 833–45. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.06.001.
- Pfaff, B. (2008). VAR, SVAR and SVEC Models: Implementation Within R Package vars. *Journal of Statistical Software*, 27 (4). (<http://www.jstatsoft.org/v27/i04/>).
- Pfeiffer, C. (2012). Toda-Yamamoto implementation in 'R'. *Datazen* (<https://datazen.info/toda-yamamoto-implementation-in-r/> – Access Date: 05.08.2019).
- Phillips, P. C. B., Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75 (2), 335–346.

- Ponomarenko, A. N. (2000). Historical National Accounts of Russia: 1961–1990. *HSE Economic Journal*, (4), 505–527. (In Russian.)
- Porfiriev, B. N. (2019). On imaginary and real economic efficiency of forest fires control in Siberia. *ECO*, 11 (545), 8–26. (In Russian.)
- Pyzhev, A. I., Pyzheva, Yu. I., Zander, E. V. (2015). *Forest rent in the Russian economy: assessment and effective use*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University. (In Russian.)
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (<https://www.R-project.org/> – Access Date: 13.03.2019).
- Said, S. E., Dickey, D. A. (1984). Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order. *Biometrika*, 71, 599–607.
- Singh, N. K., Borrok, D. M. (2019). A Granger Causality Analysis of Groundwater Patterns over a Half-Century. *Nature Scientific Reports*, 9 (1), 12828. DOI: 10.1038/s41598-019-49278-8.
- Sohnngen, B., Tian, X. (2016). Global Climate Change Impacts on Forests and Markets. *Forest Policy and Economics*, 72, 18–26. DOI: 10.1016/j.forpol.2016.06.011.
- Stern, D. I., Enflo, K. (2013). Causality between Energy and Output in the Long-Run. *Energy Economics*, 39, 135–46. DOI: 10.1016/j.eneco.2013.05.007.
- Svetlov, N. M., Siptitz, S. O., Romanenko, I. A., Evdokimova, N. E. (2019). Influence of climate change on the location of agricultural sectors in Russia. *Problems of forecasting*, (4), 59–74. (In Russian.)
- Tetin, I. A. (2015). Cycles of insurance activity in Russia and macroeconomic indicators. *Applied econometrics*, 39 (3), 65–83. (In Russian.)
- Tiaglov, S. G., Sheveleva, A. V., Parada, E. V. (2019). The Analysis of Features Formation of the New Economic Mechanism of Rational Use Natural Resources in the Russian Federation. *Journal of Economic Regulation*, 10 (3), 50–63. DOI: 10.17835/2078-5429.2019.10.3.050-063. (In Russian.)
- Toda, H. Y., Yamamoto, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66, 225–250. DOI: 10.1016/0304-4076(94)01616-8.
- Wickham, H. (2016). *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wickham, H. (2017). *Tidyverse: Easily Install and Load the ‘Tidyverse’*. R package version 1.2.1. (<https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse> – Access Date: 07.08.2019).