

УДК 502/504:551.583:338.43:63
JEL O13, Q1, Q23, Q54

DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.12.2018.3.523-537>

А. В. ЧУГУНКОВА¹,

А. И. ПЫЖЕВ¹,

Ю. И. ПЫЖЕВА¹

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЭКОНОМИКУ ЛЕСНОГО И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: РИСКИ И ВОЗМОЖНОСТИ

Контактное лицо:

Чугункова Анна Вадимовна, младший научный сотрудник научно-учебной лаборатории экономики природных ресурсов и окружающей среды, ассистент кафедры социально-экономического планирования, Сибирский федеральный университет

Адрес: 660041, г. Красноярск, Свободный просп., 79, тел.: +7 (391) 206-21-65

E-mail: ch-ann@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0398-604X>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/Q-2606-2018>

Пыжев Антон Игоревич, кандидат экономических наук, заведующий научно-учебной лабораторией экономики природных ресурсов и окружающей среды, доцент кафедры социально-экономического планирования, Сибирский федеральный университет

Адрес: 660041, г. Красноярск, Свободный просп., 79, тел.: +7 (391) 206-21-65

E-mail: pyanist@ya.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7909-3227>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/R-3029-2017>

Пыжева Юлия Ивановна, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник научно-учебной лаборатории экономики природных ресурсов и окружающей среды, доцент кафедры социально-экономического планирования, Сибирский федеральный университет

Адрес: 660041, г. Красноярск, Свободный просп., 79, тел.: +7 (391) 206-21-65

E-mail: yliastar@ya.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0973-5073>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/A-8203-2015>

Цель: обобщение работ ведущих отечественных и зарубежных исследователей в контексте характеристики различных климатических воздействий на развитие отраслей сельского и лесного хозяйства.

Методы: сравнительный анализ прогнозируемых рисков и возможностей глобального изменения климата для лесной промышленности и сельского хозяйства.

Результаты: в работе дана общая характеристика социально-экономических эффектов изменения климата, при этом важный акцент сделан на рассмотрении последствий в таких наиболее восприимчивых к глобальному потеплению отраслях экономики, как лесное и сельское хозяйство. Указано, что изменение климатических параметров сопровождается как благоприятными, так и неблагоприятными эффектами для экономики указанных отраслей. С одной стороны, увеличение среднегодовых температур и рост концентрации углерода в атмосфере благоприятствуют продуктивности деревьев и урожайности культур. Однако вместе с тем возрастает вероятность наступления продолжительной засухи, являющейся наиболее распространенной причиной пожаров, вспышек болезней и роста популяций вредителей. Дополнительным риском служит учащение случаев стихийных бедствий, наносящих существенный экономический ущерб лесному и сельскому хозяйству. Выявлено, что на территориях низких географических широт, представленных в основном развивающимися странами, для которых сельское хозяйство является основным источником экономического роста, отрасль будет нести значительные убытки, что вызовет еще большую социальную напряженность и обострение проблем голода и бедности среди населения. Дальнейшее потепление климата в перспективе может еще больше усилить разрыв между богатыми и бедными странами, если не будут предприняты все

необходимые меры по адаптации экономики к изменяющимся климатическим условиям.

Научная новизна: в статье приведена подробная характеристика основных последствий глобального изменения климата для экономики отраслей сельского и лесного хозяйства, в том числе в разрезе отдельных стран и регионов.

Практическая значимость: приведенные в работе результаты могут послужить базой для дальнейших исследований в области оценки рисков и величины наносимого социально-экономического ущерба вследствие глобального потепления. Полученные выводы могут быть использованы при разработке механизмов адаптации к изменению климата.

Ключевые слова: экономика и управление народным хозяйством; последствия изменения климата; глобальное потепление; экономика лесного хозяйства; экономика сельского хозяйства

Благодарность: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научного проекта № 17-12-24001 и Гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-3482.2018.6.

Конфликт интересов: авторами не заявлен.

Как цитировать статью: Чугункова А. В., Пыжев А. И., Пыжева Ю. И. Влияние глобального изменения климата на экономику лесного и сельского хозяйства: риски и возможности // Актуальные проблемы экономики и права. 2018. Т. 12, № 3. С. 523–537. DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.12.2018.3.523-537>

A. V. CHUGUNKOVA¹,

A. I. PYZHEV¹,

YU. I. PYZHEVA¹

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

INFLUENCE OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON ECONOMY OF FORESTRY AND AGRICULTURE: RISKS AND OPPORTUNITIES

Contact:

Anna V. Chugunkova, Junior Researcher of the Scientific-Academic Laboratory of the Economy of Natural Resources and Environment, Assistant Lecturer of the Department of Social-economic Planning, Siberian Federal University

Address: 79 Svobodny prospect, 660041 Krasnoyarsk, tel.: +7 (391) 206-21-65

E-mail: ch-ann@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0398-604X>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/Q-2606-2018>

Anton I. Pyzhev, PhD (Economics), Head of the Scientific-Academic Laboratory of the Economy of Natural Resources and Environment, Associate Professor of the Department of Social-economic Planning, Siberian Federal University

Address: 79 Svobodny prospect, 660041 Krasnoyarsk, tel.: +7 (391) 206-21-65

E-mail: pyanist@ya.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7909-3227>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/R-3029-2017>

Yuliya I. Pyzheva, PhD (Economics), Senior Researcher of the Scientific-Academic Laboratory of the Economy of Natural Resources and Environment, Associate Professor of the Department of Social-economic Planning, Siberian Federal University

Address: 79 Svobodny prospect, 660041 Krasnoyarsk, tel.: +7 (391) 206-21-65

E-mail: yliastar@ya.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0973-5073>

Чугункова А. В., Пыжев А. И., Пыжева Ю. И. Влияние глобального изменения климата на экономику лесного и сельского хозяйства...

Chugunkova A. V., Pyzhev A. I., Pyzheva Yu. I. Influence of global climate change on economy of forestry and agriculture: risks and opportunities

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/A-8203-2015>

Acknowledgement: the research is carried out with the financial support of the Russian Fund for Fundamental Research, the government of Krasnoyarsk krai, the Krasnoyarsk krai Fund for Support of Scientific and Scientific-technical activity within the scientific project No. 17-12-24001 and the Grant of the Russian President for state support of young Russian scientists No. MK-3482.2018.6.

Objective: to summarize the works of the leading Russian and foreign researchers related to characteristics of various climate impacts on agriculture and forestry development.

Methods: comparative analysis of predicted risks and opportunities of global climate change for forestry and agriculture.

Results: the paper gives a general description of the socio-economic effects of climate change, with an important emphasis on considering the effects in the sectors of the economy most susceptible to global warming, such as forestry and agriculture. It is shown that climate change is accompanied by both favorable and adverse effects on the economy of these industries. On the one hand, the increase of the average temperatures and carbon concentration in the atmosphere promotes productivity of trees and crop yields. However, the likelihood of a prolonged drought – the most common cause of fires, disease outbreaks and growing pest populations – is increasing. An additional risk is the increase of natural disasters, which cause significant economic damage to forests and agriculture. It is revealed that in the territories of low geographical latitudes, represented mainly by developing countries, for which agriculture is the main source of economic growth, the industry will incur significant losses, which will cause even greater social tension and exacerbate the problems of hunger and poverty among the population. Further warming in the future could widen the gap between rich and poor countries unless all necessary measures are taken to adapt the economy to changing climatic conditions.

Scientific novelty: the article provides a detailed description of the main consequences of global climate change for the economy of agriculture and forestry, including in the context of individual countries and regions.

Practical significance: the results presented in this paper can serve as a basis for further research in assessment of risk and magnitude of the socio-economic damage caused by global warming. The findings can be used to develop mechanisms for adaptation to climate change.

Keywords: Economics and national economy management; Consequences of climate change; Global warming; Economy of forestry; Economy of agriculture

Conflict of Interest: No conflict of interest is declared by the authors.

For citation: Chugunkova A. V., Pyzhev A. I., Pyzheva Yu. I. Influence of global climate change on economy of forestry and agriculture: risks and opportunities, *Actual Problems of Economics and Law*, 2018, vol. 12, No. 3, pp. 523–537 (in Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.12.2018.3.523-537>

Введение

Постановка проблемы. Согласно подсчетам Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН (МГЭИК)¹, последние три десятилетия оказались самыми теплыми в истории метеонаблюдений, продемонстрировав небывалые темпы роста глобальной температуры поверхности Земли. По оценкам специалистов, за период с 1880 по 2012 гг.

глобальная приземная температура увеличилась на $0,85 \pm 0,2$ °C, и при реализации сценария с очень высокими выбросами парниковых газов (РТК 8,5) ее изменение к концу XXI в. может составить 2,6–4,8 °C.

Результатом проведенной в Париже в 2015 г. конференции по климату² стало подписание соглашения, целью которого явилась разработка мер по ограничению повышения глобальной температуры воздуха двумя градусами по сравнению с показателями до-

¹ IPCC, 2014. Climate change 2014: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf (дата обращения: 23.04.17).

² COP21, 2015. United Nations Climate Change Conference in Paris, France. URL: <http://www.cop21paris.org> (дата обращения: 20.05.17).

индустриальной эпохи. Соглашение было подписано 195 государствами и обязывало их к разработке долгосрочных стратегий по сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу. Таким образом, страны признали необходимость в уменьшении существующих объемов выбросов к 2030 г. и в полном их прекращении к 2050 г. С 2000 г. России удалось снизить энергоемкость экономики на 33 %, вместе с тем были перевыполнены обязательства по Киотскому протоколу. В своем выступлении на конференции Президент России подтвердил намерение сократить выбросы в масштабах всей национальной экономики к 2030 г. на 25–30 % по сравнению с 1990 г. Парижское соглашение обязывает страны принимать все необходимые меры для сохранения лесов и позволяет реализовывать все международные проекты в данной области. Документ признает роль поглотителей и накопителей парниковых газов в смягчении процессов глобального потепления. Следовательно, все страны должны содействовать сохранению и увеличению различных поглотителей и накопителей углерода, включая леса.

Несмотря на тот факт, что большое количество исследований уже признало существенный вклад антропогенного фактора в механизмы глобального потепления, последствия данного явления в настоящее время еще не изучены в полной мере. Глобальное изменение климата является достаточно сложным динамическим процессом. Его эффекты многообразны и не могут быть подвергнуты однозначной оценке с позиции общественного благосостояния. В связи с этим особый интерес представляет комплексное рассмотрение возможных последствий изменения климата для экономической конъюнктуры с учетом географии размещения производственных мощностей. В первой части работы в общем виде представлена характеристика социально-экономических эффектов глобального потепления с точки зрения его содействия либо препятствия социально-экономическому развитию территорий. Вторая и третья части содержат обзор последствий изменения климатических показателей для таких наиболее восприимчивых к изменению климата отраслей экономики, как лесное и сельское хозяйство.

Методы исследования. В настоящей работе рассматриваются отечественные и зарубежные достижения в области понимания явлений и процессов, имеющих как прямое, так и опосредованное отношение к глобальному изменению климата. Проводится обзор литературы на

основе анализа наиболее референтных источников из баз данных Web of Science, Scopus, Научной электронной библиотеки eLIBRARY по тематике исследования.

Результаты исследования

Влияние глобального изменения климата на социально-экономическое развитие

Взаимосвязь глобального изменения климата с экономическими процессами привела к разработке и созданию ряда моделей интегрированной оценки, которые предполагают междисциплинарное изучение причинно-следственных связей, протекающих в окружающей среде. Модели комплексной оценки применяются во многих областях. Их используют для построения достоверных прогнозов, оценки затрат и выгод при осуществлении различных направлений государственной политики, оценки неопределенностей, связанных с альтернативными переменными и политическими стратегиями. Также эти модели могут быть применены для расчета последствий снижения уровня неопределенности относительно ключевых параметров или переменных и для расчета стоимости исследований и разработки новых технологий. Одной из наиболее известных моделей комплексной оценки является DICE («Комплексная динамическая модель экономики и климата»), разработанная У. Нордхаусом. Детализированной версией модели DICE является RICE («Комплексная региональная модель экономики и климата»), характеризующая взаимосвязь климата и экономики в разрезе 12 регионов мира и использующая их конкретные показатели выпуска, численности населения, уровня выбросов, ущерба.

Модель DICE рассматривает экономику климатических изменений с точки зрения неоклассической экономической теории роста. С позиции данного подхода экономика должна инвестировать средства в капитал, образование и технологии, с тем чтобы сократить потребление сейчас и увеличить его в будущем. Другими словами, в модели DICE концентрация парниковых газов рассматривается как отрицательный природный капитал, а сокращение выбросов – как вклад, который позволит увеличить природный капитал. Инвестируя средства в ресурсо- и энергоэффективные технологии вместо наращивания объемов производства товаров и услуг, экономика сокращает потребление в насто-

ящий момент, предоставляя возможность будущим поколениям потреблять больше благ [1].

Современная зарубежная научная литература охватывает значительное число работ, посвященных изучению экономических последствий изменения климата. Одним из подобных примеров может служить приведенная Ф. Бозелло с соавторами оценка влияния глобального потепления на экономику с позиции изменения численности рабочей силы и спроса на медицинские услуги. Повышение температуры может спровоцировать рост сердечно-сосудистых, респираторных, инфекционных и паразитарных заболеваний, а также смертности среди населения, что повлечет снижение производительности труда и сокращение численности трудоспособных граждан. В то же время рост заболеваемости приводит к повышению спроса на медицинские услуги. Авторы оценили величину экономического ущерба и пришли к выводу, что последствия, вызванные влиянием изменения климата на здоровье населения, могут привести к потере 0,07 % валового внутреннего продукта (далее – ВВП) южными странами [2].

В работе М. Дэлл с соавторами представлен анализ влияния глобального изменения климата на уровень экономической активности. Используя данные о динамике температуры, уровня осадков, экономического роста за последние 50 лет, авторы пришли к трем важным выводам. Во-первых, эффект сокращения экономического роста на фоне роста температуры является более явным для бедных стран, чем для богатых. Так, для бедных стран увеличение температуры воздуха на 1 °C сокращает экономический рост в среднем примерно на 1,1 %, для богатых же стран эффект потепления является незначительным. Во-вторых, потепление в бедных странах остро сказывается именно на сокращении темпов экономического роста, а не только лишь на уровне выпуска продукции. В-третьих, рост температуры имеет масштабные последствия для бедных стран, сокращая производство в сельском хозяйстве и промышленности и вызывая нестабильность в политической сфере общества. Результаты анализа показали, что дальнейшее изменение климата лишь увеличит разрыв между богатыми и бедными странами, делая последние еще беднее [3].

Климат является статистически значимой детерминантой потребления, а следовательно, и расходов домашних хозяйств. В странах, расположенных на уровне низких широт, увеличение температуры приве-

дет к росту потребления в среднем на душу населения и росту издержек проживания, поскольку возрастет спрос на системы кондиционирования. Напротив, в странах высоких и умеренных широт более теплый климат выразится в сокращении отопительного сезона и снижении издержек на выработку теплоэнергии [4]. Таким образом, в то время как страны, расположенные в высоких широтах, будут получать выгоду от глобального изменения климата, страны низких широт будут нести существенные убытки [5, 6].

Изменение климата представляет серьезный риск и для экономического развития и общественной безопасности. В этой связи все неблагоприятные проявления глобального изменения климата могут быть классифицированы на две группы. Первая группа включает стихийные бедствия, сопровождающиеся многочисленными жертвами и значительным экономическим ущербом, наносимым инфраструктурным объектам и производственным активам. Примером указанных экстремальных событий служат ураганы, наводнения, аномальные холод и жара, природные пожары. Подобные экстремальные явления всегда получают широкое обсуждение в средствах массовой информации и политических кругах, однако климатические изменения сопровождаются также медленно наступающими, вялотекущими, но от этого не менее губительными последствиями, находящимися зачастую в тени общественного внимания. К этой группе относят различные негативно влияющие на здоровье человека воздействия, потерю экосистемами устойчивости к внешним воздействиям, а также наносимый с течением времени ущерб зданиям и промышленным объектам. В России особого внимания заслуживает рассмотрение двух наиболее серьезных надвигающихся угроз изменения климата: возникновения засухи и таяния вечной мерзлоты. Например, таяние вечной мерзлоты, покрывающей примерно четверть территории Северного полушария, представляет большой риск для зданий, сооружений и важнейших инфраструктур (дороги, трубопроводы и т. д.). В свою очередь, наступление засушливых периодов приносит ущерб благополучию южных регионов и воздействует на общественное благосостояние как прямым (нехватка питьевой воды), так и косвенным образом (ухудшение условий для производства продовольствия, низкий уровень занятости населения в сельскохозяйственной отрасли). Более того, засуха часто

сопровождается аномально высокими температурами, представляя угрозу жизни и здоровью человека [7].

Некоторые последствия глобального потепления могут быть оценены как в количественном, так и стоимостном выражении. Однако существуют так называемые неучтенные эффекты, которые в силу своей незначительной важности или комплексности расчета не подлежат оценке. К этим последствиям могут быть отнесены увеличение солености земель береговой зоны из-за повышения уровня мирового океана, причинение ущерба рыбному промыслу вследствие увеличения кислотности океанов, выделение метана в результате таяния вечной мерзлоты, способного ускорить процесс глобального потепления и др. Среди положительных эффектов можно выделить сокращение затрат в области ветроэнергетики, экономию на покупке еды и одежды. Таяние льдов в Арктике обеспечит сокращение издержек разработки месторождений нефти и создаст возможность для прокладки новых торгово-транспортных маршрутов [8].

Происходящее в настоящее время изменение климата является не только препятствием, помехой и проблемой, но также создает возможности перехода к новой политике устойчивого развития. На микроэкономическом уровне может быть осуществлен переход к ресурсосберегающим и энергоэффективным технологиям с целью уменьшить объемы выбросов парниковых газов, также должно быть проведено комплексное управление финансовыми и природными рисками. На макроэкономическом уровне может осуществляться государственная поддержка бизнеса и домашних хозяйств, чтобы содействовать им в сокращении выбросов углерода. Поэтому на данном этапе развития представляется целесообразной разработка механизмов смягчения воздействий на изменения климата, а также механизмов адаптации экономики к глобальному потеплению. При этом приоритет должен быть отдан политике адаптации, поскольку даже полное прекращение выбросов в настоящем и будущем времени не гарантирует решение проблемы потепления, поскольку диоксид углерода является запасовым загрязнителем, т. е. имеет свойство накапливаться со временем в атмосфере. Немаловажным обстоятельством при этом служит учет вклада природных компонентов в изменение климата, к которым в настоящее время относятся скептически из-за преобладающей антропогенной теории глобального потепления [9].

Изменение климата и лесная промышленность

Россия располагает примерно четвертью общемировых запасов лесных ресурсов, роль которых в регулировании климата и поддержании других экосистемных услуг трудно переоценить. Уже с начала 1990-х гг. лесная отрасль страны испытала неблагоприятные институциональные трансформации, связанные с переходом к рыночным отношениям, а последующие после 2007 г. реформы оказались малоэффективны и не привели к должным результатам [10]. Для крупнейших лесопромышленных комплексов Сибири и Дальнего Востока последствия реформ выразились в следующих наиболее острых проблемах лесной отрасли: производстве и экспорте товаров в основном низкой степени обработки, недостаточном лесопатологическом и лесопожарном мониторинге [11, 12], существовании теневого сектора нелегальной заготовки древесины, а также наличии слабо развитой транспортной инфраструктуры, что в конечном итоге приводит к полному истощению расположенных вдоль уже существующих дорог лесных ресурсов [13]. Особое место в решении указанных проблем занимает отсутствие каких-либо стимулов и инструментов для устойчивого ведения лесного хозяйства и неисчерпаемого лесопользования [12]. В связи с этим, учитывая общемировую важность лесов России в процессах смягчения воздействий на глобальное изменение климата [14], одна из приоритетных задач лесной политики должна сводиться к организации эффективного и устойчивого лесопользования с целью повышения ассимиляционного потенциала лесов по поглощению углекислого газа [15]. Особое внимание при этом следует уделить мероприятиям по изменению структуры породного состава лесов [16].

Благосостояние общества во многом зависит от совокупности тех социально-экономических, а также экологических функций, которые осуществляет лес [17, 18]. Возможность леса выполнять данные функции обусловлена рядом причин. Помимо ежегодно наблюдаемого антропогенного воздействия, осязаемое влияние на объем предоставляемых лесом социально-экономических и экологических услуг оказывает изменение климата. Влияние изменения климата на лес является многосторонним и может быть проанализировано как в качественном, так и в количественном аспекте³.

³ Global Forest Resources Assessment 2010. Main report. FAO. URL: <http://www.fao.org/3/a-i1757e.pdf> (дата обращения: 26.06.18)

Поскольку лес является одним из немногих возобновляемых ресурсов, а также значимым накопителем углерода [19], большинство исследований сфокусировано на изучении динамики факторов, оказывающих влияние на продуктивную функцию леса: среднегодовой температуры [20], количества осадков, продолжительности солнечного сияния [21], степени видового разнообразия [22]. Динамика продуктивности лесов является одним из важнейших механизмов влияния изменения климата на лесную промышленность, поскольку определяет объем доступной для заготовки древесины. Например, в Финляндии рост уровня температуры, осадков и концентрации диоксида углерода при условии проведения процедуры прореживания леса может повысить продуктивность стволовой древесины в бореальных лесах в среднем на 22–26 %, что приведет к увеличению объемов лесозаготовок в среднем на 12–13 % в зависимости от сценария изменения климата, возраста насаждений, породного состава, а также плодородия почвы [23].

Постепенное повышение среднегодовой температуры воздуха способствует увеличению продолжительности сезона роста деревьев вследствие изменения (увеличения) концентрации парниковых газов в атмосфере, в связи с чем могут быть созданы условия для увеличения объемов производства и предложения древесины на глобальных рынках [24, 25]. Однако более поздние исследования прогнозируют вероятное снижение предложения древесины бореальных лесов из-за возрастающей гибели деревьев южной границы тайги [26]. В свою очередь, глобальный ежегодный спрос на деловую древесину и биотопливо будет характеризоваться положительной динамикой. Согласно нескольким оценочным прогнозам, развитие технологий обработки позволит снизить цены на биотопливо и сделать его более конкурентоспособным по сравнению с неэкологичным органическим топливом. В результате спрос на биотопливо будет иметь восходящую тенденцию в ближайшие 50 лет [24].

Однако изменение климата не ограничивается лишь положительным влиянием, имеет место существование негативных факторов, ведущих к деградации лесов и, как следствие, к уменьшению объема доступной для вырубki древесины. Изменение скорости ветра и сокращение периода сезонного промерзания почвы становятся причинами возникновения буреломов [27], а заметное повышение температуры

в сочетании с низкой влажностью способствует наступлению засушливых периодов, вследствие чего деревья (в особенности темнохвойных пород) становятся более восприимчивы к различным патогенным организмам и насекомым [28]. Среди насекомых-вредителей наибольший ущерб лесам наносит гусеница еловой листовертки-почкоеда и гусеница коконопряда кольчатого лесного, ареал обитания которых включает леса Северной Америки [29], а также гусеница сибирского шелкопряда, поражающая в основном хвойные деревья южной и средней тайги Сибири и Дальнего Востока [30]. Кроме того, во время засухи повышается риск возникновения лесных пожаров, в ходе которых в атмосферу выделяется значительное количество углерода [31].

Непосредственное воздействие на показатели деятельности лесозаготовительной промышленности заключается в возрастающей частоте наступления экстремальных погодных условий, во время которых проведение лесозаготовительных работ становится небезопасным [32]. Также дополнительным риском для лесозаготовки при транспортировке продуктов заготовки древесины по рекам является учащение случаев стихийных бедствий в виде штормов и весенних паводков, вызванных постепенным оттаиванием вечной мерзлоты на фоне глобального изменения климата. В результате данных природных явлений происходит разрушение сплавляемых по рекам древесных плотов и вынос бревен в открытую воду, из-за чего лесная промышленность терпит значительные убытки [33].

Возможность проведения лесозаготовительных мероприятий определяется таким важным критерием, как техническая доступность лесов, под которой понимается совокупность доступных для заготовки лесной техникой древесных ресурсов. Как правило, большинство лесов в России произрастает на заболоченных землях и почвах, характеризующихся слабой грузоподъемностью, что делает практически невозможным использование тяжелой лесозаготовительной техники в летнее время года. По этой причине, а также во избежание нанесения вреда почвенному покрову и подлеску, большинство российских лесных участков доступно для вырубki древесины только в зимний период времени. По прогнозным оценкам, рассчитанным для Тихвинского района Ленинградской области, ежегодный рост среднегодовой температуры воздуха

будет сокращать продолжительность лесозаготовительного сезона в среднем на 3–4 дня каждые 10 лет, что в дальнейшем приведет к снижению объема лесозаготовок. В данных условиях лесозаготовительным компаниям понадобится обновление парка техники, которая бы повысила интенсивность вырубki, а также инвестирование средств в строительство круглогодичных лесных дорог [34].

Влияние глобального потепления сопровождается проявлением особого механизма адаптации леса к изменяющимся условиям окружающей среды – миграции уязвимых перед высокими температурами и засухой лесов в ареалы с более подходящими условиями произрастания. В восточной части США, к примеру, за последние 30 лет наблюдалась значительная миграция деревьев в северном и западном направлениях вследствие изменения режима влажности экосистем на фоне глобального изменения климата. Однако темп миграции деревьев в западном направлении оказался выше, чем скорость перемещения деревьев по направлению к северу [35]. Для лесов Центральной Сибири к 2020 г. изменение климата вызовет смещение северных границ лесного покрова в области равнин и плоскогорья, тем не менее границы южных лесных зон будут перемещаться вверх по склонам Южно-Сибирских гор в более благоприятные для произрастания климатические условия [36]. В долгосрочном периоде повышение температуры воздуха на территории Сибири вызовет перемещение наиболее восприимчивых к засухе хвойных пород в зону тундры с более мягким климатом. В то же время на юге хвойные будут уступать место расширяющейся степи. К 2080 г. прогнозируемое сокращение площади темнохвойных и светлохвойных пород в Центральной Сибири составит 8–10 % [37]. Ожидается, что в результате указанных изменений лесозаготовительная деятельность будет также перемещаться преимущественно в северном направлении, следуя траектории миграции лесов [24]. Специфика распределения основных лесобразующих пород на конкретной территории зависит как от топографических, так и от изменяющихся климатических параметров. Для лесов Европы к 2100 г. прогнозируемое изменение климата приведет к существенным изменениям в структуре площадей лесобразующих пород. При реализации сценария с высокими показателями выбросов парниковых газов ареал произрастания холодолюбивой

норвежской ели может сократиться на 60 %, при этом будет наблюдаться заметное смещение границ произрастания породы по направлению к северу вглубь Скандинавского полуострова. Ареал обитания дуба, произрастающего в южных частях Европы, напротив, к концу века может увеличиться в четыре раза и распространиться на территорию Центральной и Северо-Восточной Европы. Экономический эффект от подобных изменений в перспективе до 2100 г. выразится в снижении средней стоимости лесных земель более чем на 30 % от показателя 2010 г. вследствие сокращения площадей произрастания высокопродуктивных пород, уступающих место менее продуктивным [38]. Лесные породы по-разному реагируют на смену климатических условий, поэтому при возникновении разрушающих лес факторов более устойчивые широколиственные породы деревьев приходят на смену менее устойчивым к засухе, но коммерчески ценным хвойным видам [39, 40].

Изменение климата и экономика сельского хозяйства

Отрасль сельского хозяйства, как и лесная отрасль, также довольно тесно связана с природопользованием, поэтому в значительной степени восприимчива к изменяющимся климатическим условиям.

Существует немало работ, посвященных изучению тех эффектов, которые оказывает глобальное потепление на экономические показатели сельского хозяйства. Например, в работе С. Пассела и его соавторов было оценено сезонное и годовое воздействие температуры и осадков на стоимость сельскохозяйственных участков в Европе и Америке. Авторы пришли к выводу, что увеличение температуры и количества осадков в целом положительным образом влияет на экономические показатели фермерских хозяйств Европы в отличие от менее восприимчивых к глобальному потеплению ферм Америки. При этом имеет место территориальная гетерогенность, поскольку эффект роста среднегодовых температур может оказаться негативным для стран, расположенных в южной части Европы [41].

Климат играет важнейшую роль в определении благосостояния сельских жителей, поскольку значительная часть доходов сельского населения формируется за счет осуществления сельскохозяйственной деятельности, а показатели продуктивности в самой

отрасли напрямую зависят от сложившихся климатических условий. Так, в округах США и муниципалитетах Бразилии повышение температуры сокращает среднедушевые доходы, что обостряет проблему бедности среди сельского населения, которая будет наиболее ярко выражена в южных странах, характеризующихся менее благоприятными климатическими условиями [42].

В Африке фермы, расположенные в наиболее жарких и засушливых районах материка, подвергаются значительному риску, поскольку уже находятся в неустойчивом для сельского хозяйства состоянии. В связи с этим в странах континента, находящихся южнее Сахары, растениеводство будет нести существенные убытки [43]. Вместе с тем использование системы искусственного орошения в засушливых районах может послужить эффективной мерой адаптации сельского хозяйства к глобальному потеплению, поскольку позволит избежать гибели культур вследствие засухи и потери фермерами значительной доли выручки [44]. Однако существует иная точка зрения об эффективности мер адаптации к изменению климата для засушливых регионов южной Африки. По мнению некоторых исследователей, увеличение орошаемых сельскохозяйственных угодий не является эффективной стратегией адаптации к изменению климата, поскольку не сможет компенсировать сокращение ВВП, вызванное глобальным потеплением. Поэтому наиболее эффективным решением будет считаться реализация механизма по привлечению инвестиций в научно-исследовательские разработки с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур [45]. Важно отметить, что не для всех территорий Африки между количеством осадков и величиной дохода от сельскохозяйственной деятельности наблюдается положительная взаимосвязь. К примеру, в Гвинейской Республике, расположенной вблизи экватора, во время летнего сезона дождей происходит снижение величины чистого дохода фермерских хозяйств, что объясняется пагубным воздействием излишнего количества осадков на урожайность культур и возрастающим риском наводнений. Противоположный эффект в виде увеличения показателя выручки наблюдался при росте температуры в холодный зимний период времени при умеренном количестве осадков [46].

Для регионов, экономическое развитие которых во многом определяется производительностью

сельского хозяйства, ожидаемое потепление грозит рядом социально-экономических рисков. В северо-восточной части Индии (штат Ассам) около 70 % всего населения региона занято в отрасли сельского хозяйства, которое обеспечивает порядка 35 % национального ВВП. Наблюдаемые воздействия в виде частых наводнений, сменяющихся продолжительными засушливыми периодами, града, оползней и селевых потоков наносят значительный ущерб культурам. Ситуация усугубляется возникновением на фоне указанных аномальных явлений эрозии почв, приводящей к снижению их плодородности. Дополнительным риском служат вспышки болезней и рост популяции вредителей злаковых. Для подавляющей части населения, единственным источником доходов которой является выращивание сельскохозяйственных культур, указанные изменения приведут к еще большему обострению проблемы бедности [47].

Экономика сельского хозяйства Азии, благодаря происходящему потеплению климата, обеспечивает примерно две трети общемирового выпуска сельскохозяйственной продукции. В этом отношении является особенно важным дать точную экономическую оценку климатического эффекта для данного региона. Р. Мендельсоном рассмотрено два сценария изменения температуры и представлены результаты динамики показателей доходности отрасли сначала под влиянием одного лишь потепления, а после – с учетом так называемого эффекта фертилизации (повышения урожайности культур в результате связывания углерода). В первом случае повышение температуры на 1,5 °C вызовет потери чистой прибыли в отрасли в размере 13 %, или 93 млрд долл. США в год, двукратное же повышение температуры приведет к потере 28 %, или 195 млрд долл. США чистой прибыли в год. Учет в модели эффекта фертилизации, по мнению автора, напротив, окажет положительное воздействие на доход в отрасли. В случае потепления на 1,5 °C чистая прибыль вырастет на 3 %, или 18 млрд долл. США в год, однако при потеплении на 3 °C фермеры будут нести убытки в размере 12 %, или 84 млрд долл. США в год [48]. Глобальная же оценка воздействия изменения климата на продуктивность в сельском хозяйстве показывает, что при реализации сценария с сокращением выбросов парниковых газов в

атмосферу относительно сценария с высокими выбросами урожайность в отрасли будет на 12 % ниже (с большей на 15 % разницей в цене) при условии наличия эффекта фертилизации. Напротив, производство зерна по сценарию с низкими значениями выбросов углерода в атмосферу станет на 22 % выше (и с меньшей на 22 % разницей в цене), чем при сценарии с высокими выбросами, если эффект фертилизации отсутствует [49].

В северной части Китая, несмотря на увеличение урожайности зерновых культур за последние 50 лет ввиду снижения частоты и интенсивности заморозков и увеличения продолжительности периода вегетации, к 2050 г. в целом прогнозируется сокращение производства пшеницы, кукурузы и риса. Ограничивающим фактором роста для указанной территории является возрастание вследствие роста средних температур индекса испаряемости, что ведет к недостаточному потреблению растениями воды даже в условиях нормального количества осадков. Дополнительные риски в виде роста популяций вредителей, а также частые наводнения и град в южных провинциях Китая могут превысить смоделированные оценки ущерба, наносимого отрасли. Компенсирующим потери фактором может явиться эффект фертилизации, хотя для указанного региона еще не была проведена точная оценка его вклада [50]. Тем не менее некоторые исследования показывают, что в условиях дефицита воды эффект фертилизации, скорее всего, не принесет ожидаемого результата роста продуктивности культур [51].

На фоне существующей глобальной тенденции снижения урожайности сельскохозяйственных культур в России в настоящий момент наблюдается рост производства зерна. Благодаря потеплению климата за последние 30 лет практически во всех федеральных округах, где ведется сельскохозяйственная деятельность, повысился сбор зерновых культур, чему во многом способствовало повышение температуры более холодного периода года, а также уменьшение степени континентальности климата. При реализации наиболее благоприятного сценария с влажным климатом можно ожидать повышения продуктивности в отрасли, однако засушливый сценарий, вероятнее всего, вызовет заметное сокращение производства зерна. С другой стороны, из-за изменения климата сельское хозяйство будет в большей степени

подвержено различным ограничивающим развитие рискам. Рост популяций теплолюбивых вредителей культур (тли, саранчи, колорадского жука) представляет значительную угрозу для отрасли [52, с. 67–69].

Выводы

Изменение климата как глобальный динамический процесс сопровождается рядом последствий, природу которых бывает достаточно трудно точно оценить и спрогнозировать. В работе приведена характеристика социально-экономических эффектов изменения климата, а также проанализированы возможные последствия для наиболее восприимчивых к его изменению отраслей экономики – сельского хозяйства и лесной промышленности. Показано, что географическое размещение производственных мощностей является важным фактором, определяющим величину соотношения получаемых выгод и понесенных издержек в результате потепления климата. Тем не менее упомянутый перечень последствий не является исчерпывающим, поскольку существуют неявные эффекты, которые еще предстоит обнаружить и оценить.

Влияние изменения климата на лесной сектор экономики имеет многосторонний эффект. С одной стороны, рост среднегодовой температуры положительно влияет на чистую первичную продуктивность древесины, что обеспечивает увеличение объема доступных для заготовки лесных ресурсов. С другой стороны, потепление сопровождается рядом негативных для отрасли эффектов, среди которых выделяют засуху, являющуюся одной из наиболее распространенных причин возникновения пожаров, вспышек болезней и роста числа насекомых-вредителей. Лесной сектор экономики, как использующий древесное сырье, более всего подвержен подобного рода последствиям изменения климата. Наносимый природными явлениями ущерб лесосеке и лесной продукции, сокращение продолжительности лесозаготовительного сезона вследствие роста среднегодовых температур могут стать причиной снижения объема лесозаготовок, а миграция лесных биомов по направлению к высоким широтам с большой вероятностью приведет к изменению социально-экономической активности заготавливающих и перерабатывающих древесину отраслей экономики.

Как и лесная промышленность, сельское хозяйство является отраслью, в значительной мере восприим-

чивой к изменению климатических характеристик. Наметившаяся в последнее время тенденция к смещению благоприятных для выращивания культур климатических условий ставит под угрозу развитие отрасли на территориях низких географических широт, представленных главным образом развивающимися странами, для которых сельское хозяйство является одним из основных источников экономического роста. Для этих стран глобальное изменение климата станет дополнительным препятствием на пути к благоприятному социально-экономическому развитию, вызвав социальную напряженность, а также обострение

проблемы бедности и голода среди населения, подавляющая доля которого занята в сфере сельского хозяйства.

Вопросы адаптации экономики, в том числе лесной и сельскохозяйственной отраслей, к глобальному изменению климата имеют в настоящее время приоритетное значение. С этой точки зрения на политическом уровне необходима разработка таких механизмов адаптации к изменяющимся климатическим условиям, которые могли бы в достаточной мере снизить социально-экономических риски, вызванные глобальным потеплением.

Список литературы

1. Nordhaus W., Sztore P. DICE 2013R: Introduction and User's Manual. 2013.
2. Bosello F., Tol R. S. J., Roson R. Economy-wide estimates of the implications of climate change: Human health // Ecological Economics. 2006. № 58 (3). Pp. 579–591. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2005.07.032
3. Dell M., Jones B. F., Olken B. A. Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century // National Bureau of Economic Research. 2008. URL: <http://www.nber.org/papers/w14132.pdf> (дата обращения: 05.12.17)
4. Worldwide impacts of climate change on energy for heating and cooling / M. Labriet, S. R. Joshi, M. Vielle, P. B. Holden, N. R. Edwards, A. Kanudia, R. Loulou, F. Babonneau // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2015. № 20 (7). Pp. 1111–1136. DOI: 10.1007/s11027-013-9522-7
5. Maddison D. The amenity value of the climate: the household production function approach // Resource and Energy Economics. 2003. № 25 (2). Pp. 155–175. DOI: 10.1016/S0928-7655(02)00024-6
6. Rehdanz K., Maddison D. Climate and happiness // Ecological Economics. 2005. № 52 (1). Pp. 111–125. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2004.06.015
7. Porfiriev B. Climate change as a major slow-onset hazard to development: an integrated approach to bridge the policy gap // Environmental Hazards (special issue). 2015. № 14 (2). Pp. 187–191. DOI: 10.1080/17477891.2015.1019823
8. Tol R. S. J. The Economic Effects of Climate Change // Journal of Economic Perspectives. 2009. № 23 (2), Pp. 29–51. DOI: 10.1257/jep.23.2.29
9. Porfiriev B. Climate change: A hazard or an opportunity? // Environmental Hazards (special issue). 2009. № 8 (3), Pp. 167–170. DOI: 10.3763/ehaz.2009.0026
10. Блам Ю. Ш., Бабенко Т. И., Машкина Л. В. Лесной комплекс в изменяющихся институциональных и экономических условиях // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 5. С. 197–204.
11. Антонова Н. Е. Трансформация лесного комплекса за годы российских реформ: дальневосточный срез // Пространственная экономика. 2017. № 3. С. 83–106. DOI: 10.14530/se.2017.3.083-106
12. Гордеев Р. В., Пыжев А. И., Зандер Е. В. Лесопромышленный комплекс Красноярского края: тенденции и перспективы развития // Региональная экономика: теория и практика. 2017. Т. 15, № 1. С. 4–18. DOI: 10.24891/re.15.1.4
13. Колесникова А. В. Лесопользование на территории Сибири и Дальнего Востока: состояние и динамика // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 6 (121). С. 127–142.
14. Швиденко А. З., Щепаченко Д. Г. Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 69–92.
15. Carbon budget of managed forests in the Russian Federation in 1990–2050: Post-evaluation and forecasting / D. G. Zamolodchikov, V. I. Grabovskii, G. N. Korovin et al // Russian Meteorology Hydrology. 2013. № 38 (10). Pp. 701–714. DOI: 10.3103/S1068373913100087
16. Tollefson J. Forests not equal when it comes to climate // Nature. 2016. DOI: 10.1038/nature.2016.19294 (дата обращения: 02.11.17)
17. Führer E. Forest functions, ecosystem stability and management // Forest Ecology and Management. 2000. № 132 (1). Pp. 29–38. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00377-7
18. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: a status report / E. N. Bukhareva, K. Grunewald, S. N. Bobylev et al // A Journal of the Human Environment. 2015. № 44 (6). Pp. 491–507. DOI: 10.1007/s13280-015-0674-4

19. Shvidenko A., Nilsson S. Dynamics of Russian Forests and the Carbon Budget in 1961–1998: An Assessment Based on Long-Term Forest Inventory Data // *Climate Change*. 2002. № 55 (1). Pp. 5–37. DOI: 10.1023/A:1020243304744
20. The Ecosystem Impacts of Severe Warming / R. Mendelsohn, I. C. Prentice, O. Schmitz et al // *American Economic Review*. 2016. № 106 (5). Pp. 612–614. DOI: 10.1257/aer.p20161104
21. Boisvenue C., Running S. Impacts of climate change on natural forest productivity – evidence since the middle of the 20th century // *Global Change Biology*. 2006. № 12 (5). Pp. 862–882. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01134.x
22. Liang J. et al. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests // *Science*. 2016. № 354 (6309). Pp. 196–209. DOI: 10.1126/science.aaf8957
23. Effects of climate change and management on timber yield in boreal forests, with economic implications: A case study / J. Garcia-Gonzalo, H. Peltola, E. Briceño-Elizondo et al // *Ecological Modelling*. 2007. № 209 (2–4). Pp. 220–234. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2007.06.021
24. Kirilenko A. P., Sedjo R. A. Climate change impacts on forestry // *PNAS*. 2007. № 104 (50). Pp. 19697–19702. DOI: 10.1073/pnas.0701424104
25. Global climate change im-pacts on forests and markets / X. Tian, B. Sohngen, J. B. Kim et al // *Environmental Research Letters*. 2016. № 11 (3). Pp. 1–10. DOI: 10.1088/1748-9326/11/3/035011
26. Brecka A. F. J., Shahi C., Chen H. Y. H. Climate change impacts on boreal forest timber supply // *Forest Policy and Economics*. 2018. № 92. Pp. 11–21. DOI: 10.1016/j.forpol.2018.03.010
27. Potential impact of climate change on the risk of windthrow in eastern Canada’s forests / Ch. Saad, Y. Boulanger, M. Beaudet et al // *Climatic Change*. 2017. № 143 (3–4). Pp. 487–501. DOI: 10.1007/s10584-017-1995-z
28. Climate-induced mortality of Siberian pine and fir in the Lake Baikal Watershed, Siberia / V. I. Kharuk, S. T. Im, I. A. Petrov, A. S. Golyukov, K. J. Ranson, M. N. Yagunov // *Forest Ecology and Management*. 2017. № 384. Pp. 191–199. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.10.050
29. Volney W. J. A., Fleming R. A. Climate change and impacts of boreal forest insects // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2000. № 82 (1–3). Pp. 283–294. DOI: 10.1016/S0167-8809(00)00232-2
30. Чикидов И. И. Роль климатических факторов в развитии очагов массового размножения сибирского шелкопряда в Центральной Якутии в 1998–2001 гг. // *Вестник Якутского государственного университета*. 2009. Т. 6, № 3. С. 8–12.
31. Flannigan M. D., Stocks B. J., Wotton B. M. Climate change and forest fires // *The Science of the Total Environment*. 2000. № 262 (3). Pp. 221–229. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00524-6
32. Rittenhouse Ch. D., Rissman A. R. Changes in winter conditions impact forest management in north temperate forests // *Journal of Environmental Management*. 2015. № 149. Pp. 157–167. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.10.010
33. Timber Logging in Central Siberia is the Main Source for Recent Arctic Driftwood / L. Hellmann, W. Tegel, A. V. Kirilyanov et al // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 2015. № 47 (3). Pp. 449–460. DOI: 10.1657/AAAR0014-063
34. 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). Pp. 148–160. DOI: 10.1080/19132220.2013.792150
35. Diver-gence of species responses to climate change / S. Fei, J. M. Desprez, K. M. Potter et al // *Science Advances*. 2017. № 3 (5). Pp. 1–9. DOI: 10.1126/sciadv.1603055
36. Tchebakova N. M., Parfenova E. I., Soja A. J. Climate change and climate-induced hot spots in forest shifts in central Siberia from observed data // *Regional Environmental Change*. 2011. № 11 (4). Pp. 817–827. DOI: 10.1007/s10113-011-0210-4
37. Potential change in forest types and stand heights in central Siberia in a warming climate / N. M. Tchebakova, E. I. Parfenova, M. A. Korets et al // *Environmental Research Letters*. 2016. № 11 (3). Pp. 1–16. DOI: 10.1088/1748-9326/11/3/035016
38. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land / M. Hanewinkel, D. A. Cullmann, M.-J. Schelhaas et al // *Nature Climate Change*. 2013. № 3. Pp. 203–207. DOI: 10.1038/nclimate1687
39. Species specific growth responses of black spruce and trembling aspen may enhance resilience of boreal forest to climate change / I. Drobyshev, S. Gewehr, F. Berninger et al // *Journal of Ecology*. 2013. № 101 (1). Pp. 231–242. DOI: 10.1111/1365-2745.12007
40. Changes in fire regime break the legacy lock on successional trajectories in Alaskan boreal forest / J. F. Johnstone, T. N. Hollingsworth, F. S. Chapin, M. C. Mack // *Global Change Biology*. 2010. № 16 (4). Pp. 1281–1295. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.02051.x
41. Van Passel S., Massetti E., Mendelsohn R. A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on European Agriculture // *Environmental and Resource Economics*. 2017. № 67 (4). Pp. 725–760. DOI: 10.1007/s10640-016-0001-y
42. Climate and Rural Income / R. Mendelsohn, A. Basist, P. Kurukulasuriya et al // *Climatic Change*. 2007. № 81 (1). Pp. 101–118. DOI: 10.1007/s10584-005-9010-5

43. Kurukulasuriya P. et al. Will African Agriculture Survive Climate Change? // *The World Bank Economic Review*. 2006. № 20 (3). Pp. 367–388. DOI: 10.1093/wber/lhl004
44. Kurukulasuriya P., Kala N., Mendelsohn R. Adaptation and Climate Change Impacts: A Structural Ricardian Model of Irrigation and Farm Income in Africa // *Climate Change Economics*. 2011. № 2 (2). Pp. 149–174. DOI: 10.1142/S2010007811000255
45. Climate change and agriculture: Impacts and adaptation options in South Africa / A. Calzadilla, T. Zhu, K. Rehdanz et al // *Water Resources and Economics*. 2014. No 5. Pp. 24–48. DOI: 10.1016/j.wre.2014.03.001
46. Wood S. A., Mendelsohn R. O. The impact of climate change on agricultural net revenue: a case study in the Fouta Djallon, West Africa // *Environment and Development Economics*. 2015. № 20 (1). Pp. 20–36. DOI: 10.1017/S1355770X14000084
47. Johnson F. A., Hutton C. W. Dependence on agriculture and ecosystem services for livelihood in Northeast India and Bhutan: vulnerability to climate change in the Tropical River Basins of the Upper Brahmaputra // *Climatic Change*. 2014. № 127 (1). Pp. 107–121. DOI: 10.1007/s10584-012-0573-7
48. Mendelsohn R. The Impact of Climate Change on Agriculture in Asia // *Journal of Integrative Agriculture*. 2014. № 13 (4). Pp. 660–665. DOI: 10.1016/S2095-3119(13)60701-7
49. Avoided economic impacts of climate change on agriculture: integrating a land surface model (CLM) with a global economic model (iPETS) / X. Ren, M. Weitzel, B. C. O'Neill et al *Climatic Change*, 2018, №. 146 (3–4). Pp. 517–531. DOI: 10.1007/s10584-016-1791-1
50. The impacts of climate change on agricultural production systems in China / H. Ju, M. van der Velde, E. Lin et al // *Climatic Change*. 2013. № 120 (1–2). Pp. 313–324. DOI: 10.1007/s10584-013-0803-7
51. Climate change impact on rain-fed wheat in south-eastern Australia / M. R. Anwar, G. O'Leary, D. McNeil et al // *Field Crops Research*. 2007. № 104 (1–3). Pp. 139–147. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.03.020
52. Порфирьев Б. Н., Катцов В. М., Рогинко С. А. Изменения климата и международная безопасность. М.: Д'АРТ, 2011. 292 с.

References

1. Nordhaus W., Satorc P. *DICE 2013R: Introduction and User's Manual*, 2013.
2. Bosello F., Tol R. S. J., Roson R. Economy-wide estimates of the implications of climate change: Human health, *Ecological Economics*, 2006, No. 58 (3), pp. 579–591. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2005.07.032
3. Dell M., Jones B. F., Olken B. A. Climate Change and Economic Growth: Evi-dence from the Last Half Century, *National Bureau of Economic Research*, 2008, available at: <http://www.nber.org/papers/w14132.pdf> (access date: 05.12.17)
4. Labriet M., Joshi S. R., Vielle M., Holden P. B., Edwards N. R., Kanudia A., Loulou R., Babonneau F. Worldwide impacts of climate change on energy for heating and cooling, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2015, No. 20 (7), pp. 1111–1136. DOI: 10.1007/s11027-013-9522-7
5. Maddison D. The amenity value of the climate: the household production function approach, *Resource and Energy Economics*, 2003, No. 25 (2), pp. 155–175. DOI: 10.1016/S0928-7655(02)00024-6
6. Rehdanz K., Maddison D. Climate and happiness, *Ecological Economics*, 2005, No. 52 (1), pp. 111–125. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2004.06.015
7. Porfiriev B. Climate change as a major slow-onset hazard to development: an integrated approach to bridge the policy gap, *Environmental Hazards* (special issue), 2015, No. 14 (2), pp. 187–191. DOI: 10.1080/17477891.2015.1019823
8. Tol R. S. J. The Economic Effects of Climate Change, *Journal of Economic Perspectives*, 2009, No. 23 (2), pp. 29–51. DOI: 10.1257/jep.23.2.29
9. Porfiriev B. Climate change: A hazard or an opportunity?, *Environmental Hazards* (special issue), 2009, No. 8 (3), pp. 167–170. DOI: 10.3763/ehaz.2009.0026
10. Blam Yu. Sh., Babenko T. I., Mashkina L. V. Forest complex under changing institutional and economic conditions, *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2015, No. 5, pp. 197–204 (in Russ.).
11. Antonova N. E. Transformation of a forest complex during the years of Russian reforms: Far East profile, *Prostranstvennaya ekonomika*, 2017, No. 3, pp. 83–106. DOI: 10.14530/se.2017.3.083-106 (in Russ.).
12. Gordeev R. V., Pyzhev A. I., Zander E. V. Forest-industrial complex of Krasnoyarsk krai: trends and prospects of development, *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*, 2017, Vol. 15, No. 1, pp. 4–18. DOI: 10.24891/re.15.1.4 (in Russ.).
13. Kolesnikova A. V. Forest management in Siberia and Far East: state and dynamics, *Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No. 6 (121), pp. 127–142 (in Russ.).
14. Shvidenko A. Z., Shchepashchenko D. G. Carbonic budget of the Russian forests, *Sibirskii lesnoi zhurnal*, 2014, No. 1, pp. 69–92 (in Russ.).

15. Zamolodchikov D. G., Grabovskii V. I., Korovin G. N., Gitarskii M. L., Blinov V. G., Dmitriev V. V., Kurz W. A. Carbon budget of managed forests in the Russian Federation in 1990–2050: Post-evaluation and forecasting, *Russian Meteorology Hydrology*, 2013, No. 38 (10), pp. 701–714. DOI: 10.3103/S1068373913100087
16. Tollefson J. Forests not equal when it comes to climate, *Nature*, 2016. DOI: 10.1038/nature.2016.19294 (access date: 02.11.2017)
17. Führer E. Forest functions, ecosystem stability and management, *Forest Ecology and Management*, 2000, No. 132 (1), pp. 29–38. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00377-7
18. Bukhareva E. N., Grunewald K., Bobylev S. N., Zamolodchikov D. G., Zimenko A. V., Bastian O. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: a status report, *A Journal of the Human Environment*, 2015, No. 44 (6), pp. 491–507. DOI: 10.1007/s13280-015-0674-4
19. Shvidenko A., Nilsson S. Dynamics of Russian Forests and the Carbon Budget in 1961–1998: An Assessment Based on Long-Term Forest Inventory Data, *Climate Change*, 2002, No. 55 (1), pp. 5–37. DOI: 10.1023/A:1020243304744
20. Mendelsohn R., Prentice I. C., Schmitz O., Stocker B., Buchkowski R., Dawson B. The Ecosystem Impacts of Severe Warming, *American Economic Review*, 2016, No. 106 (5), pp. 612–614. DOI: 10.1257/aer.p20161104
21. Boisvenue C., Running S. Impacts of climate change on natural forest productivity – evidence since the middle of the 20th century, *Global Change Biology*, 2006, No. 12 (5), pp. 862–882. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01134.x
22. Liang J. et al. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests, *Science*, 2016, No. 354 (6309), pp. 196–209. DOI: 10.1126/science.aaf8957
23. Garcia-Gonzalo J., Peltola H., Briceño-Elizondo E., Kellomäki S. Effects of climate change and management on timber yield in boreal forests, with economic implications: A case study, *Ecological Modelling*, 2007, No. 209 (2–4), pp. 220–234. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2007.06.021
24. Kirilenko A. P., Sedjo R. A. Climate change impacts on forestry, *PNAS*, 2007, No. 104 (50), pp. 19697–19702. DOI: 10.1073/pnas.0701424104
25. Tian X., Sohngen B., Kim J. B., Ohrel S., Cole J. Global climate change impacts on forests and markets, *Environmental Research Letters*, 2016, No. 11 (3), pp. 1–10. DOI: 10.1088/1748-9326/11/3/035011
26. Brecka A. F. J., Shahi C., Chen H. Y. H. Climate change impacts on boreal forest timber supply, *Forest Policy and Economics*, 2018, No. 92, pp. 11–21. DOI: 10.1016/j.forpol.2018.03.010
27. Saad Ch., Boulanger Y., Beaudet M., Gachon Ph., Ruel J.-C., Gauthier S. Potential impact of climate change on the risk of windthrow in eastern Canada's forests, *Climatic Change*, 2017, No. 143 (3–4), pp. 487–501. DOI: 10.1007/s10584-017-1995-z
28. Kharuk V. I., Im S. T., Petrov I. A., Golyukov A. S., Ranson K. J., Yagunov M. N. Climate-induced mortality of Siberian pine and fir in the Lake Baikal Watershed, Siberia, *Forest Ecology and Management*, 2017, No. 384, pp. 191–199. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.10.050
29. Volney W. J. A., Fleming R. A. Climate change and impacts of boreal forest insects, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2000, No. 82 (1–3), pp. 283–294. DOI: 10.1016/S0167-8809(00)00232-2
30. Chikidov I. I. Role of climatic factors in developing the foci of mass reproduction of Siberian silkworm in Central Yakutia in 1998–2001, *Vestnik Yakutskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, Vol. 6, No. 3, pp. 8–12 (in Russ.).
31. Flannigan M. D., Stocks B. J., Wotton B. M. Climate change and forest fires, *The Science of the Total Environment*, 2000, No. 262 (3), pp. 221–229. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00524-6
32. Rittenhouse Ch. D., Rissman A. R. Changes in winter conditions impact forest management in north temperate forests, *Journal of Environmental Management*, 2015, No. 149, pp. 157–167. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.10.010
33. Hellmann L., Tegel W., Kirdyanov A. V., Eggertsson Ó., Esper J., Agafonov L., Nikolaev A. N., Knorre A. A., Myglan V. S., Churakova (Sidorova) O., Schweingruber F. H., Nievergelt D., Verstege A., Büntgen U. Timber Logging in Central Siberia is the Main Source for Recent Arctic Driftwood, *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2015, No. 47 (3), pp. 449–460. DOI: 10.1657/AAAR0014-063
34. 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, No. 24 (2), pp. 148–160. DOI: 10.1080/19132220.2013.792150
35. Fei S., Desprez J. M., Potter K. M., Jo I., Knott J. A., Oswalt Ch. M. Divergence of species responses to climate change, *Science Advances*, 2017, No. 3 (5), pp. 1–9. DOI: 10.1126/sciadv.1603055
36. Tchebakova N. M., Parfenova E. I., Soja A. J. Climate change and climate-induced hot spots in forest shifts in central Siberia from observed data, *Regional Environmental Change*, 2011, No. 11 (4), pp. 817–827. DOI: 10.1007/s10113-011-0210-4
37. Tchebakova N. M., Parfenova E. I., Korets M. A., Conard S. G. Potential change in forest types and stand heights in central Siberia in a warming climate, *Environmental Research Letters*, 2016, No. 11 (3), pp. 1–16. DOI: 10.1088/1748-9326/11/3/035016

38. Hanewinkel M., Cullmann D. A., Schelhaas M.-J., Nabuurs G.-J., Zimmermann N. E. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land, *Nature Climate Change*, 2013, No. 3, pp. 203–207. DOI: 10.1038/nclimate1687
39. Drobyshev I., Gewehr S., Berninger F., Bergeron Y. Species specific growth responses of black spruce and trembling aspen may enhance resilience of boreal forest to climate change, *Journal of Ecology*, 2013, No. 101 (1), pp. 231–242. DOI: 10.1111/1365-2745.12007
40. Johnstone J. F., Hollingsworth T. N., Chapin F. S., Mack M. C. Changes in fire regime break the legacy lock on successional trajectories in Alaskan boreal forest, *Global Change Biology*, 2010, No. 16 (4), pp. 1281–1295. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.02051.x
41. Van Passel S., Massetti E., Mendelsohn R. A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on European Agriculture, *Environmental and Resource Economics*, 2017, No. 67 (4), pp. 725–760. DOI: 10.1007/s10640-016-0001-y
42. Mendelsohn R., Basist A., Kurukulasuriya P., Dinar, A. Climate and Rural Income, *Climatic Change*, 2007, No. 81 (1), pp. 101–118. DOI: 10.1007/s10584-005-9010-5
43. Kurukulasuriya P. et al. Will African Agriculture Survive Climate Change?, *The World Bank Economic Review*, 2006, No. 20 (3), pp. 367–388. DOI: 10.1093/wber/lhl004
44. Kurukulasuriya P., Kala N., Mendelsohn R. Adaptation and Climate Change Impacts: A Structural Ricardian Model of Irrigation and Farm Income in Africa, *Climate Change Economics*, 2011, No. 2 (2), pp. 149–174. DOI: 10.1142/S2010007811000255
45. Calzadilla A., Zhu T., Rehdanz K., Tol R. S. J., Ringler C. Climate change and agriculture: Impacts and adaptation options in South Africa, *Water Resources and Economics*, 2014, No. 5, pp. 24–48. DOI: 10.1016/j.wre.2014.03.001
46. Wood S. A., Mendelsohn R. O. The impact of climate change on agricultural net revenue: a case study in the Fouta Djallon, West Africa, *Environment and Development Economics*, 2015, No. 20 (1), pp. 20–36. DOI: 10.1017/S1355770X14000084
47. Johnson F. A., Hutton C. W. Dependence on agriculture and ecosystem services for livelihood in Northeast India and Bhutan: vulnerability to climate change in the Tropical River Basins of the Upper Brahmaputra, *Climatic Change*, 2014, No. 127 (1), pp. 107–121. DOI: 10.1007/s10584-012-0573-7
48. Mendelsohn R. The Impact of Climate Change on Agriculture in Asia, *Journal of Integrative Agriculture*, 2014, No. 13 (4), pp. 660–665. DOI: 10.1016/S2095-3119(13)60701-7
49. Ren X., Weitzel M., O'Neill B. C., Lawrence P., Meiyappan P., Levis S., Balistreri E. J., Dalton M. Avoided economic impacts of climate change on agriculture: integrating a land surface model (CLM) with a global economic model (iPETS), *Climatic Change*, 2018, No. 146 (3–4), pp. 517–531. DOI: 10.1007/s10584-016-1791-1
50. Ju H., van der Velde M., Lin E., Xiong W., Li Y. The impacts of climate change on agricultural production systems in China, *Climatic Change*, 2013, No. 120 (1–2), pp. 313–324. DOI: 10.1007/s10584-013-0803-7
51. Anwar M. R., O'Leary G., McNeil D., Hossain H., Nelson R. Climate change impact on rain-fed wheat in south-eastern Australia, *Field Crops Research*, 2007, No. 104 (1–3), pp. 139–147. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.03.020
52. Porfir'ev B. N., Kattsov V. M., Roginko S. A. *Climate change and international security*, Moscow: D'ART, 2011, 292 p. (in Russ.).

Дата поступления / Received 03.07.2018

Дата принятия в печать / Accepted 12.09.2018

Дата онлайн-размещения / Available online 25.09.2018

© Чугункова А. В., Пыжев А. И., Пыжева Ю. И., 2018

© Chugunkova A. V., Pyzhev A. I., Pyzheva Yu. I., 2018