

## ПАВЕЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ДРУЖИНИН

доктор экономических наук, доцент, заведующий отделом моделирования и прогнозирования регионального развития, Институт экономики Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*pdruzhinin@mail.ru*

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО КАРЕЛИИ\*

Исследуется влияние климатических изменений на сельское хозяйство Карелии. В результате глобального потепления может увеличиться урожайность, особенно в центральных и северных районах. В качестве климатических характеристик рассматриваются летние и зимние средние температуры и суммарные осадки по сезонам или месяцам. Расчеты проводились по трем культурам – зерновые, картофель и овощи. Для построения функций урожайности рассматривались климатические характеристики (отклонение от оптимальной среднемесячной температуры и осадков), агротехнические (минеральные и органические удобрения) и социально-экономические показатели (инвестиции в сельское хозяйство, уровень развития экономики региона, динамика развития экономики региона). Строились мультипликативные функции. Для зерновых определяющей является зависимость от развития экономики, влияние температуры и осадков невелико. В таком случае потепление на 1° к 2030 году скорее всего не приведет к росту урожайности. Для картофеля определяющими оказались климатические характеристики, прежде всего осадки. Можно предположить, что потепление на 1° принесет рост урожайности чуть больше, чем на 0,5 %. Для овощей урожайность сильно зависит от климатических факторов и потепление на 1° приведет к росту урожайности на 3,5 %. Ожидаемое потепление для сельского хозяйства Карелии не принесет заметных выгод, рост урожайности за счет этого фактора при сохранении традиционных культур будет незначителен.

Ключевые слова: сельское хозяйство, потепление, урожайность, зерновые, картофель, овощи

## ВВЕДЕНИЕ

На развитие экономики российских регионов в ближайшие годы будут оказывать заметное влияние внешние факторы, к которым необходимо будет адаптироваться. Прежде всего это глобальные климатические изменения.

Наблюдения показывают, что, возможно, происходит глобальное потепление климата, которое начиная с 70-х годов XX века заметно ускорилось. Первое десятилетие XXI века стало рекордно теплым за все 160 лет инструментальных наблюдений, результаты которых позволяют оценить среднюю глобальную температуру [5], [12]. Климатические изменения оказывают заметное влияние на экономику практически всех стран [19]. Растет мировой экономический ущерб от крупномасштабных природных бедствий, хотя количество погибших снижается с 1930-х годов.

Влияние климатических изменений на развитие российских регионов неоднозначно, и для построения модели необходимо построить системное описание объекта и проанализировать влияние данного внешнего фактора. Считается, что гидрометеорологические факторы негативно влияют на темпы роста валового внутреннего продукта (ВВП) и валового регионального продукта (ВРП) российских регионов. Рост количества жарких дней ведет к росту смертности, для Москвы пороговой величиной для роста смертности является среднесуточная температура 25°. В 2010 году смертность в большинстве россий-

ских регионов жарким летом выросла, в Карелии в июле превысила уровень 2009 года на 12,5 %. Также происходит рост заболеваемости, прежде всего аллергиями и инфекционными болезнями. Климатические изменения ведут к росту миграции, что пока не затронуло российские регионы [6], [9].

Экономические исследования последствий изменения климата показали, что наибольшее влияние ожидается в следующих секторах региональной экономики: сельское хозяйство, использование прибрежных ресурсов, энергетика, лесное хозяйство, туризм, рыбное хозяйство и водоснабжение [6], [7]. Жаркое лето 2010 года наибольший урон нанесло рыбному хозяйству Карелии.

Множество работ посвящено исследованиям влияния климатических изменений на развитие сельского хозяйства. В основном изучалась урожайность различных культур на региональном уровне, для оценки изменения которой рассматривались различные виды уравнений, аналогичных производственным функциям [15], [16], [19], [20]. Ч. Чанг, используя полиномы второй степени для анализа урожайности зерновых в зависимости от средних по сезонам осадков и температуры, показал, что влияние данных климатических характеристик значительно и нелинейно. Также он предложил рассматривать в качестве факторов уровень менеджмента и технологический уровень [17]. О. Дечинес и М. Гринстоун исследовали эффект замены одной

культуры на другую, более урожайную, при повышении средней температуры в регионе [18].

Исследования в других странах показали, что условия для роста урожайности появляются в более северных регионах. Р. Мендельсон, В. Нордхаус и Д. Шоу доказали, что в них возможен рост урожайности за счет улучшения климатических условий и смены культур на более урожайные и требовательные к теплу, в то же время в южных регионах условия ухудшаются [19].

Влияние климатических изменений на сельскохозяйственное производство в РФ, прежде всего на урожайность, исследовалось еще в 1980-х годах в работах С. Сиптица, С. Огнивцева, Ф. Ерешко, О. Сиротенко, Х. Абашиной, В. Павловой и др. Исследования, проводившиеся в ВЦ АН СССР, показали, что отклонения от тенденции были связаны именно с погодными аномалиями. Заметные климатические изменения последних лет способствовали росту количества исследований. Было показано, что изменения условий хозяйствования могут быть ухудшающие и улучшающие для разных регионов [1], [11], [14].

Положительные сдвиги связаны с ростом продолжительности вегетационного периода и расширением зоны земледелия; косвенно может повлиять сокращение отопительного сезона и увеличение сроков навигации. Соответственно, могут снизиться затраты и увеличиться сельскохозяйственное производство, и РФ может получить прибавку до 0,6 % роста ВВП. Мягкие зимы способствуют повышению урожайности озимых, а при дальнейшем повышении температуры большее распространение могут получить такие теплолюбивые культуры, как подсолнечник. Для того чтобы использовать открывающиеся возможности и минимизировать ожидаемые потери, необходима адаптация регионов к ожидаемым климатическим изменениям и ориентация сельскохозяйственной науки на адаптационные проекты.

Для сельского хозяйства могут ухудшиться условия в южном Поволжье и других южных регионах и появится потребность в переносе посевов отдельных культур в более северные регионы на смену культурам, которые традиционно выращивались в северных регионах. Нужно будет быть готовыми к противостоянию засухам в южных регионах. Необходимо также адаптировать энергосистему страны, ведь потепление может привести к более сильным колебаниям температур и росту пиковых нагрузок на энергетику.

## МЕТОДОЛОГИЯ

Наиболее значительное воздействие климатических изменений ожидается на сельское хозяйство российских регионов. Для оценки данного влияния строится системное описание происходящих процессов, выделяются и описываются основные факторы, определяющие изменение

показателей сельского хозяйства, прежде всего урожайности, анализируются данные, строятся графики, позволяющие понять существующие зависимости [3].

На основе проведенного анализа разрабатываются модели, основу которых составляют регрессионные уравнения, в которых урожайность по регионам рассматривается в зависимости от выделенных факторов: климатических, агротехнических, состояния почвы, социально-экономических характеристик, уровня менеджмента, технологического уровня и особенностей конкретной культуры. Уравнения урожайности по регионам строятся по временным рядам и кросс-секшн. Общая форма функций урожайности  $Y$  (обычно используют мультипликативные или линейные функции):

$$Y = f(A, C, L, X),$$

где  $A$  – агротехнические,  $C$  – климатические,  $L$  – почвенные,  $X$  – прочие характеристики.

Для разных культур в уравнении оказываются разные факторы, их количество может быть различным. Климатические характеристики могут быть представлены в виде модуля отклонений от оптимальных значений или полиномов второй степени. В качестве климатических характеристик рассматриваются летние и зимние средние температуры и суммарные осадки по сезонам или месяцам. Агротехнические показатели – внесение минеральных и органических удобрений на гектар посевов. Социально-экономические показатели позволяют учитывать состояние сельского хозяйства региона (объем и динамика инвестиций в сельское хозяйство), уровень развития экономики регионов, динамику развития экономики и некоторые другие особенности.

На основе получаемых по строящимся функциям оценок и климатических сценариев, предлагаемых экспертами, можно строить и исследовать различные сценарии развития сельского хозяйства. В работах [5], [6], [11] рассмотрено множество сценариев, по которым могут происходить изменения климата. Для приближенных оценок можно рассмотреть три радикально различающихся ситуации повышение средней температуры на 3° к 2050 году, на 1° к 2050 году, на 1° к 2025 году с последующим похолоданием.

## ДАННЫЕ

В статье представлено исследование влияния факторов на урожайность основных культур, выращиваемых в Республике Карелия [2], [4], [13]. Часть информации была получена из статсправочников ФСГС и данных различных ведомств [8], [10]. Для расчетов использовалась также информация, собранная институтами РАН и других ведомств [5], [12], [14]. Для объяснения происходящих процессов использовалась также информация по РФ и некоторым регионам, например Краснодарскому краю, имеющему наи-

более развитое сельское хозяйство (6 % общероссийского производства).

Предварительные исследования факторов, влияющих на динамику урожайности РФ, показали значительные отличия для разных сельскохозяйственных культур. Для зерновых важным оказалось влияние общих изменений в экономике, динамика урожайности зерновых в РФ сильно коррелирует с динамикой ВВП (рис. 1). Объяснить данный факт можно тем, что выращивание и экспорт зерна стали приносить высокую прибыль, начался процесс консолидации бизнеса и в 2000-х годах стал расти уровень менеджмента. Показатель ВВП и ВРП на душу населения для некоторых южных регионов можно трактовать как уровень менеджмента для моделей по временным рядам. Другие культуры этот процесс затронул гораздо меньше.

Изучение ситуации в РФ в целом и отдельных регионах позволило более обоснованно подойти к анализу карельских данных. Первоначально анализировались исходные данные и производные от них, по исходным и сглаженным данным строились графики взаимосвязи показателей для приближенной оценки динамики факторных эластичностей и выделения подпериодов с различным поведением показателей. В результате определялись ограничения на параметры функций и происходил выбор наиболее подходящих функций, прежде всего исходя из соответствия поведения факторных эластичностей. Затем проводились предварительные расчеты, отбрасывались бессмысленные результаты и с учетом полученных статистических характеристик отбирались функции урожайности. Для временного ряда почвенные характеристики не рассматривались, изменение состояния почв невелико в сравнении с варьированием социально-экономических и климатических характеристик.

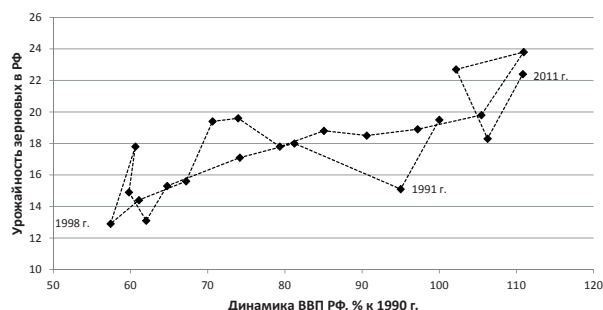


Рис. 1. Взаимосвязь изменения урожайности зерновых в РФ (ц/га) и динамики ВВП РФ с 1990 года

Детальное изучение карельских данных и расчеты проводились по трем культурам — зерновые, картофель и овощи, динамика урожайности которых заметно отличалась. Изменения урожайности разных культур слабо связаны, а значит, вызваны, возможно, разными факторами. Урожайность зерновых падала до начала 2000-х годов, затем стала расти, что близко к ее

динамике для РФ. Зерновые выращивают сельскохозяйственные предприятия, фермерские и личные подсобные хозяйства практически не занимаются зерновыми. Значит, для Карелии должны быть значимы изменения в уровне менеджмента и технологий. Урожайность картофеля колебалась, не имея какой-либо тенденции, что можно связать с тем, что доля посевов личных подсобных хозяйств составляет 80 %. Урожайность овощей после непродолжительного спада стала расти (рис. 2). Примерно половину овощей выращивают сельскохозяйственные предприятия. Увеличение урожайности частично связано с вложением инвестиций в освоение современных технологий. Благодаря трансграничному сотрудничеству и программе ТАСИС в Карелии реализовывалось множество инновационных проектов, некоторые из них были направлены на передачу опыта и современных технологий по выращиванию овощей [4].

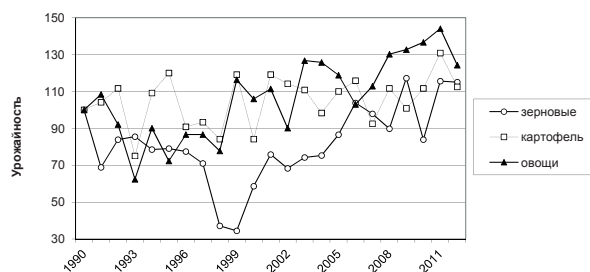


Рис. 2. Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур Карелии, 1990 год — 100 %

Анализ данных позволил выявить предварительные оптимальные значения средней температуры и осадков, отклонение от которых приводит к снижению урожайности. Для различных культур показатели отличаются, например, предварительные значения июльских осадков рассматривались в пределах от 70 до 180 мм, средняя июльская температура — от 17 до 21 градуса. В ходе расчетов данные оценки уточнялись.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определить влияние климатических факторов оказалось достаточно сложно. Для построения функций урожайности рассматривались климатические (отклонение от оптимальной среднемесячной температуры и осадков) и агротехнические характеристики (внесение минеральных и органических удобрений на гектар). Также для отдельных культур брались и другие факторы, которые отражали процессы, происходившие в сельском хозяйстве Карелии и повлиявшие на урожайность. Использовались такие показатели, как ВРП на душу населения, инвестиции в сельское хозяйство и др. Вводилось понятие нейтрального технического прогресса, которое, как и в производственных функциях, было представлено временной зависимостью. Использование экспоненты позволило опреде-

литель приближенную оценку ежегодного прироста урожайности за счет нейтрального технического прогресса. Отдельная проблема была связана с тем, что в начале 1990-х годов экономические и производственные условия сильно отличались от условий последующего периода и некоторые показатели многократно превышали уровень 2000-х годов (инвестиции, ВРП, внесение удобрений). Поэтому расчеты проводились и отдельно за период с 1994 года.

Для зерновых, как и при расчетах по России, присутствует зависимость от ВРП на душу населения, который оказывает определяющее влияние, ее факторная эластичность  $\varepsilon_3 = 1,09$ . При исключении начала 1990-х годов факторная эластичность по температуре невелика ( $\varepsilon_1 = 0,137$ ), а по осадкам еще меньше ( $\varepsilon_2 = 0,078$ ) при средних статистических характеристиках ( $R^2 = 0,53$ ). В таком случае потепление на  $1^\circ$  может и не повысить урожайность.

Для картофеля определяющими оказались климатические характеристики, прежде всего осадки. Также был выделен незначительный отрицательный нейтральный технический прогресс  $p = -0,004$ . При исключении начала 1990-х годов факторная эластичность по температуре еще меньше, чем в первом случае ( $\varepsilon_1 = 0,12$ ), а по осадкам ненамного больше ( $\varepsilon_2 = 0,15$ ) при не-

высоких статистических характеристиках ( $R^2 = 0,40$ ). В результате можно предположить, что потепление на  $1^\circ$  принесет рост урожайности чуть больше, чем на 0,5 %.

Динамику урожайности овощей объяснить только за счет климатических факторов оказалось невозможно ( $R^2 = 0,38$ ). При добавлении технического прогресса и минеральных удобрений значительно улучшаются статистические характеристики ( $R^2 = 0,60$ ), хотя значимость минеральных удобрений невелика. Исключение начала 1990-х годов приводит к двухфакторной мультипликативной функции с нейтральным техническим прогрессом  $p = 0,024$  и факторными эластичностями по температуре  $\varepsilon_1 = 0,577$  и по осадкам  $\varepsilon_2 = 0,1$  ( $R^2 = 0,76$ ). В соответствии с этой формулой потепление на  $1^\circ$  принесет рост урожайности лишь на 3,5 %.

В итоге можно сказать, что ожидаемое потепление не принесет заметных выгод, рост урожайности за счет этого фактора при сохранении традиционных культур будет незначителен. Большой эффект дадут повышение уровня менеджмента и переход к более современным технологиям. Также оказать положительное влияние может переход к более урожайным и более теплолюбивым культурам, что уже сейчас требует увеличения вложений в сельскохозяйственную науку.

\* Работа выполнена при поддержке РГНФ, проект № 12-22-18005a/Fin.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В. В., Селин В. С., Терещенко Е. Б. Социально-экономические последствия ожидаемого изменения климата в Арктике // Регион: экономика и социология. 2009. № 2. С. 125–136.
2. Дружинин П. В. Экономическое развитие Карелии: некоторые итоги и проблемы // Проблемы прогнозирования. 1998. № 1. С. 130–135.
3. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Морошкина М. В. Моделирование влияния развития экономики на окружающую среду. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. 96 с.
4. Кондратьев Е. А. Структура рынка сельскохозяйственной продукции Республики Карелия // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2011. № 2. С. 52–54.
5. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. В. М. Каткова, Б. Н. Порфильева. М.: Д'Арт, 2011. 252 с.
6. Порфильев Б. Н. Природа и экономика: риски взаимодействия. М.: Анкил, 2011. 352 с.
7. Порфильев Б. Н. Изменения климата и экономика // Вестник РАН. 2011. № 3. С. 222–236.
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011: Статистический сборник / Росстат. М., 2011. 990 с.
9. Ревич Б., Шапошников Д. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности в некоторых регионах России // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 122–138.
10. Республика Карелия: Статистический ежегодник / Карелиястат. Петрозаводск, 2011. 354 с.
11. Сиротенко О. Д., Павлова В. Н. Новый подход к идентификации функционалов погода-урожай для оценки последствий изменения климата // Метеорология и гидрология. 2010. № 2. С. 92–100.
12. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияние на отрасли экономики России. М.: Росгидромет, 2005. 30 с.
13. Толстогузов О. В. Стратегия периферийного региона в условиях ограничения информации. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 486 с.
14. Филатов Н. Н., Назарова Л. Е., Сало Ю. А. Региональный климат: возможные сценарии изменения климата Карелии. Похолодание или потепление? // Известия РГО. 2007. Т. 139. № 3. С. 72–79.
15. Adams R. M., Rosenzweig C., Ritchie J., Peart R., Glycer J., McCarl B. A., Curry B., Jones J. Global climate change and agriculture: an economic perspective // Nature. 1990. № 1 (345). P. 219–224.
16. Adams R. M., Hurd B. H., Lenhart S., Leary N. Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review // Climate Res. 1998. № 1(11). P. 19–30.
17. Chang C. The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture // Agricultural Economics. 2002. № 1 (27). P. 51–64.
18. Deschênes O., Greenstone M. The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Demand Fluctuations in Weather // The American Economic Review. 2007. № 1 (97). P. 354–385.
19. Mendelsohn R., Nordhaus W., Shaw D. The impacts of global warming on agriculture: a Ricardian analysis // The American Economic Review. 1994. № 4 (84). P. 753–771.
20. Tol R. The Economic Effects of Climate // Change Journal of Economic Perspectives. 2009. № 2 (23). P. 29–51.

Druzhinin P. V., Institute of Economic Studies of Karelian Research Center of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

## IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON KARELIAN AGRICULTURE OF KARELIA

Effects of the climate change on Karelian agriculture are studied. Global warming may cause increase in crop yield, especially in the central and northern areas of the region. The average summer and winter temperatures, cumulative precipitation volumes measured by seasons and months are considered as climate characteristics. Calculations were carried out on three types of crops – grain crops, potatoes, and vegetables. To construct multiplicative crop yield functions climatic (deviations from optimal monthly temperature and precipitation volumes) and agronomic (mineral and organic fertilizers) characteristics and socio-economic indicators (investments in agriculture, development of the regional economy, and dynamics of economic development in the region) are considered. Grain crop yield depends on the level of economic development and is less affected by temperature fluctuations and precipitation volumes. Therefore, the 1° temperature increase by 2030 might lead to the increase in crop yield. Climatic characteristics, especially precipitation volume, proved to be significant for potatoes. As a result it is possible to suggest that the 1° temperature increase might lead to the increase in crop yield by 0,5 %. The yield of vegetables depends on climate factors. The 1° temperature increase might lead to 3,5 % growth in the total yield of vegetables. In conclusion we can ascertain that Karelian agriculture will not benefit from expected climate change. The growth of crop yield caused by climate change will be insignificant in case traditional crops prevail.

Key words: agriculture, warming, yield, grain, potatoes, vegetables

## REFERENCES

1. Vasil'ev V. V., Selin V. S., Tereshchenko E. B. Socio-economic impact of the expected climate change in the Arctic [Sotsial'no-ekonomicheskie posledstviya ozhidaemogo izmeneniya klimata v Arktike]. *Region: ekonomika i sotsiologiya*, 2009. № 2. P. 125–136.
2. Druzhinin P. V. Economic Development of Karelia: Some Results and Problems [Ekonomicheskoye razvitie Karelii: nekotorye itogi i problemy]. *Problemy prognozirovaniya* [Studies on Russian Economic Development]. 1998. № 1. P. 89–92.
3. Druzhinin P. V., Shkiperova G. T., Moroshkina M. V. Modelirovanie vliyaniya razvitiya ekonomiki na okruzhayushchuyu sredu [Modelling the impact of economic development on the environment]. Petrozavodsk, KRC RAS Publ., 2009. 96 p.
4. Kondratyuk E. A. Structure of Agricultural Market in Karelia [Struktura rynka sel'skokhozyaystvennoy produktsii Respubliki Kareliya]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. "Estestvennye i tekhnicheskie nauki"* [Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural and Engineering Sciences]. 2011. № 2. P. 52–54.
5. Otsenka makroekonomicheskikh posledstviy izmeneniy klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i dal'neyshuyu perspektivu [Macroeconomic impact assessment of climate change on the territory of the Russian Federation for the period up to 2030 and the further prospects]. Moscow, D'ART Publ., 2011. 252 p.
6. Porfil'ev B. N. *Priroda i ekonomika: riski vzaimodeystviya* [Nature and economy: risks of interaction]. Moscow, Ankil Publ., 2011. 352 p.
7. Porfil'ev B. N. *Climate change and economy* [Izmeneniya klimata i ekonomika]. *Vestnik RAN*. 2011. № 3. P. 222–236.
8. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskiye pokazateli: Statisticheskiy sbornik [Regions of Russia. Socio-economic indicators: statistical bulletin] / Rosstat. Moscow, 2012. 990 p.
9. Revich B. A., Shaposhnikov D. A. Climate change, heat waves, and cold spells as risk factors for increased mortality in some regions of Russia [Izmeneniya klimata, volny zhara i kholoda kak factory riska povyshennoy smertnosti v nekotorykh regionakh Rossii]. *Problemy prognozirovaniya* [Studies on Russian Economic Development]. 2012. № 2. P. 122–138.
10. *Respublika Karelia: Statisticheskiy ezhegodnik* [Republic of Karelia: Statistical bulletin] / Kareliastat. Petrozavodsk, 2012. 338 p.
11. Sirotenko O. D., Pavlova V. N. A new approach to identifying functional weather-crop for the effects of climate change [Novyy podkhod k identifikatsii funktsionalov pogoda – urozhay dlya otsenki posledstviy izmeneniy klimata]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2010. № 2. P. 92–100.
12. *Strategicheskii prognoz izmeneniy klimata Rossiyskoy Federatsii na period do 2010–2015 godov i ikh vliyanie na otrasli ekonomiki Rossii* [Strategic forecast climate changes of the Russian Federation for the period up to 2010–2015 and their impact on the industries of the Russian economy]. Moscow, Rosgidromet Publ., 2005. 30 p.
13. Tolstoguzov O. V. Strategiya periferiynogo regiona v usloviyakh ogranicheniya informatsii [Strategy of peripheral regions in conditions of limited information]. Petrozavodsk, KRC RAS Publ., 2010. 486 p.
14. Filatov N. N., Nazarova L. E., Salo Yu. A. Regional climate, potential climate change scenario in Karelia. Cooling or warming? [Regional'nyy klimat: vozmozhnye stsennarii izmeneniya klimata Karelii. Pokholodanie ili poteplenie?]. *Izvestiya RGO*. 2007. Vol. 139. № 3. P. 72–79.
15. Adams R. M., Rosenzweig C., Ritchie J., Peart R., Glyer J., McCarl B. A., Curry B., Jones J. Global climate change and agriculture: an economic perspective // *Nature*. 1990. № 1 (345). P. 219–224.
16. Adams R. M., Hurd B. H., Lenhart S., Leary N. Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review // *Climate Res*. 1998. № 1 (11). P. 19–30.
17. Chang C. The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture // *Agricultural Economics*. 2002. № 1 (27). P. 51–64.
18. Deschênes O., Greenstone M. The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather // *The American Economic Review*. 2007. № 1 (97). P. 354–385.
19. Mendelsohn R., Nordhaus W., Shaw D. The impacts of global warming on agriculture: a Ricardian analysis // *The American Economic Review*. 1994. № 4 (84). P. 753–771.
20. Tol R. The Economic Effects of Climate // *Change Journal of Economic Perspectives*. 2009. № 2 (23). P. 29–51.

Поступила в редакцию 17.11.2012