

П.В. Дружинин

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ КАРЕЛИИ

P. V. Druzhinin

CLIMATE CHANGE IMPACTS ON AGRICULTURAL YIELDS OF KARELIA

В статье исследуется влияние происходящих сейчас климатических изменений на развитие сельского хозяйства. Рассматриваются модели, позволяющие выявить влияние различных факторов, прежде всего температуры и осадков на урожайность. Проанализированы данные по урожайности отдельных регионов Северо-Запада России. Проведены расчеты на данных по Республике Карелия. Показано, что для зерновых и картофеля влияние потепления незначительно, а для овощей значимо.

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

The paper examines the impact of climate change is now occurring on the development of agriculture. The models that reveal the influence of different factors, especially temperature and precipitation. Data on yields of certain regions of the North-West of Russia analyzed. The calculations were performed on the data for the Republic of Karelia. It is shown that for cereals and potatoes warming effect is insignificant, and the vegetable is significant.

Key words: agriculture, warming, yield, cereals, potatoes, vegetables.

Развитие экономики российских регионов в ближайшие годы будет зависеть от глобальных климатических изменений, к которым необходимо будет адаптироваться. Исследование степени влияния данных факторов и путей адаптации к ним выполняется по проекту № 12-22-18005a/Fin, который поддержан и финансируется РГНФ.

За время наблюдений были отмечены периоды потепления и похолодания климата, были выявлены квазициклические колебания анализируемых параметров. Наблюдения показывают, что возможно в настоящее время происходит глобальное потепление климата, которое, начиная с 70-х годов XX в., заметно ускорилось. На территории Европейского Севера отмечается положительная динамика изменения средней годовой температуры воздуха на протяжении примерно 100 лет. Первое десятилетие XXI века стало рекордно теплым за все 160 лет наблюдений, результаты которых позволяют оценить среднюю глобальную температуру [Воробьев, Саруханян, Смирнов, 2005; Оценка ..., 2011; Стратегический ..., 2005; Филатов, Назарова, Сало, 2007]. За последнее десятилетие на озерах Европейского Севера отмечается увеличение безледоставного периода, Онежское озеро очищается ото льда примерно на 8–10 дней раньше. Результаты исследований показывают, что климат и общая увлажненность водосбора подвержены значительным естественным колебаниям, к которым добавляется влияние антропогенного фактора [Филатов, Назарова, Сало, 2007; Улянец, Матрюков, Червякова, Угрюмов, 2010].

Климатические изменения оказывают заметное влияние на экономику практически всех стран, растет мировой экономической ущерб от крупномасштабных природных бедствий [Mendelsohn, Nordhaus, Shaw, 1994]. Влияние климатических изменений на развитие российских регионов неоднозначно и для его оценки необходимо построить системное описание объекта, выявить наиболее подверженные влиянию сектора и построить модели для проведения расчетов. Как считается, гидрометеорологические факторы влияют на темпы роста валового внутреннего продукта (ВВП) России и валового регионального продукта (ВРП) российских регионов негативно. Рост количества жарких дней ведет к росту смертности, для Москвы пороговой величиной для роста смертности является среднесуточная температура 25°. В 2010 г. смертность в большинстве российских регионов жарким летом выросла, в Карелии в июле превысила уровень предыдущего года на 12,5 %. Также происходит рост заболеваемости, прежде всего аллергий и инфекционных болезней [Порфирьев, 2011; Ревич, Шапошников, 2012]. Жаркое лето 2010 г. наибольший урон нанесло рыбному хозяйству Карелии, высокая температура привела к массовой гибели выращиваемой рыбы.

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 [Порфирьев, 2011; Оценка ..., 2011].

Больше всего проведено исследований 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 [Adams, Rosenzweig, Ritchie, Peart, Glyer, McCarl, Curry, Jones, 1990; Adams, Hurd, Lenhart, Leary, 1998; Mendelsohn, Nordhaus, Shaw, 1994; Tol, 2009]. Чанг Ч. использовал полиномы второй степени для анализа урожайности зерновых в зависимости от средних по сезонам осадков и температуры и показал, что влияние данных климатических характеристик значительно и нелинейно. Также он предложил рассматривать в качестве факторов уровень менеджмента и технологический уровень [Chang, 2002]. Дечинес О. и Гринстоун М. отметили положительный эффект замены одной культуры на другую, более урожайную, при повышении средней температуры в регионе [Deschênes, Greenstone, 2007]. 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 [Mendelsohn, Nordhaus, Shaw, 1994].

Влияние климатических изменений на сельскохозяйственное производство в РФ, прежде всего на урожайность, исследовалось еще в 80-х годах в работах

С. Сиптица, С. Огнивцева, Ф. Ерешко, О. Сиротенко, Х. Абашиной, В. Павловой и других. Исследования, проводившиеся в ВЦ АН СССР, показали, что отклонения от сложившейся тенденции были связаны именно с погодными аномалиями. Заметные климатические изменения последних лет способствовали росту количества исследований. Было показано, что изменения условий хозяйствования под влиянием климата могут быть ухудшающие и улучшающие для разных регионов [Сиротенко, Павлова, 2010; Филатов, Назарова, Сало, 2007]. Положительные сдвиги связаны с ростом продолжительности вегетационного периода и расширением зоны земледелия, а также косвенно может повлиять сокращение отопительного сезона и увеличение сроков навигации. Мягкие зимы способствуют повышению урожайности озимых, а при дальнейшем повышении температуры большее распространение могут получить такие теплолюбивые культуры, как подсолнечник. Соответственно могут снизиться затраты и увеличиться сельскохозяйственное производство, и по оценкам некоторых экспертов, РФ может получить прибавку до 0,6 % роста ВВП.

В то же время для сельского хозяйства могут ухудшиться условия в южных регионах страны, и появится потребность в переносе посевов отдельных культур в более северные регионы, меняя те культуры, которые традиционно выращивались в северных регионах. Также нужно будет быть готовыми к противостоянию засухам в южных регионах, и развивать инфраструктуру, адаптировать энергосистему страны, ведь потепление может привести к более сильным колебаниям температур [Оценка ..., 2011; Порфирьев, 2011; Стратегический ..., 2005].

Исследования показали, что наиболее значительное воздействие климатических изменений ожидается на сельское хозяйство российских регионов, причем по аналогии с результатами, полученными для американских регионов, выигрыш должны получить центральные и северные регион, в частности регионы Северо-Западного федерального округа. Для оценки данного влияния строится системное описание происходящих процессов, выделяются и описываются основные факторы, определяющие изменение показателей сельского хозяйства, прежде всего урожайности, собираются и анализируются данные по факторам и урожайности, строятся графики показателей, позволяющие выявить существующие зависимости [Дружинин, 2010].

После проведенного анализа данных разрабатываются модели, основу которых составляют регрессионные уравнения, в которых урожайность по регионам рассматривается в зависимости от нескольких факторов: климатических, агротехнических, состояния почвы, социально-экономических характеристик, уровня менеджмента, технологического уровня и особенностей конкретной культуры. Уравнения урожайности по регионам строятся по временным рядам для одного региона или кросс-секшн по регионам за один год, или панельные за несколько лет. Общая форма функций урожайности Y (для расчетов использовались мультипликативные или линейные функции):

$$Y = f(C, M, L, X), \quad (1)$$

где C – климатические характеристики; M – агротехнические; L – почвенные; X – социально-экономические и прочие характеристики.

Проводившиеся ранее исследования позволили отобрать перечень показателей, и анализ графиков взаимосвязей показателей на данных регионов Северо-Западного федерального округа позволил и показали, что для различных культур могут быть значимы разные факторы. Климатические характеристики могут быть представлены в виде полиномов второй степени или модуля отклонений от оптимальных значений. В качестве климатических характеристик рассматриваются летние и зимние средние сезонные или месячные 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 (ВРП на душу населения), динамику развития экономики регионов (динамика ВРП или инвестиций в экономику региона) и некоторые другие их особенности. Для расчетов по панельным данным вводились специальные переменные.

На основе получаемых по строящимся функциям оценок и климатических сценариев, предлагаемых экспертами, можно строить и исследовать различные сценарии развития сельского хозяйства. В работах [Оценка ..., 2011; Порфирьев, 2011; Сиротенко, Павлова, 2010] рассмотрено множество сценариев, по которым могут происходить изменения климата. Для приближенных оценок степени влияния климатических изменений рассматривалось повышение средней температуры июля на 1° к 2030 г.

В статье представлено исследование влияния различных факторов на урожайность основных культур, выращиваемых в Республике Карелия и других регионах Северо-Запада [Дружинин, 1998; Толстогузов, 2010]. Большая часть информации была получена из статистических справочников ФСГС и данных различных ведомств [Регионы ..., 2012; Республика ..., 2012]. Для расчетов использовалась также информация, собранная институтами РАН и другими ведомствами [Оценка ..., 2011; Стратегический ..., 2005; Филатов, Назарова, Сало, 2007].

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. Объяснить данный факт можно учитывая то, что выращивание и экспорт зерна стали приносить высокую прибыль, что начался процесс консолидации бизнеса и в 2000-х годах стал расти уровень менеджмента. Аналогичная картина наблюдается и в российских регионах, причем не только в южных, но и в северных. Урожайность зерновых падает в 90-х годах и с 2000 г. начинает

расти (рис. 1). Зависимость от ВВП и ВРП на душу населения урожайности зерновых для моделей по временным рядам можно связать с ростом уровня менеджмента и приходом новых технологий. Другие культуры этот процесс затронул гораздо меньше.

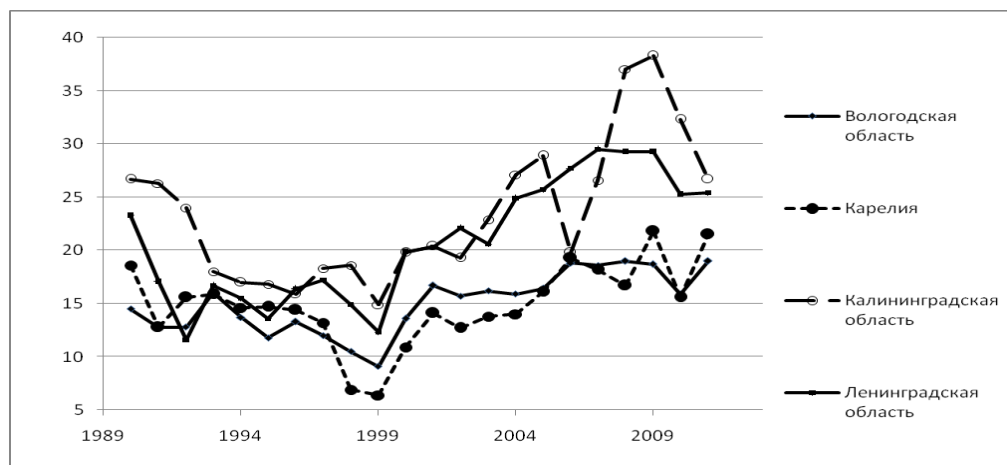


Рис. 1. Динамика урожайности зерновых в регионах СЗФО (ц/га) с 1990 г.

Для выявления факторов, которые надо включить в уравнение (1) и определения вида зависимости тщательно изучались данные. 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. Во всех четырех рассматриваемых регионах преобладают подзолистые почвы, в Вологодской области также присутствуют каштановые солонцеватые и солончаковатые, в Ленинградской – дерново-карбонатные.

Детальное изучение данных проводилось по четырем регионам (Республика Карелия, Вологодская, Ленинградская и Калининградская области) по трем культурам (зерновые, картофель и овощи), динамика урожайности которых заметно отличалась. Изменения урожайности разных культур слабо связаны, а значит, вызваны, возможно, разными факторами (рис. 1, 2, 3). Расчеты проводились по трем сельскохозяйственным культурам по карельским данным по

июльским температуре и осадкам, и по всем четырем регионам по средним за летний сезон температуре и осадкам.

Урожайность зерновых в регионах СЗФО падала до начала 2000-х годов, затем стала расти, что близко к ее динамике для большинства регионов РФ. Зерновые выращивают в основном сельскохозяйственные предприятия, также в отдельные годы значима доля крестьянских (фермерских) хозяйств, а хозяйства населения практически не занимаются зерновыми. Значит, для данных регионов должны быть значимы изменения в уровне менеджмента и технологий, которые приходят в организациях, хотя посевные площади зерновых в некоторых регионах невелики и сокращаются.

Урожайность картофеля колебалась, не имея какой-либо тенденции, что можно связать с тем, что велика доля посевов личных подсобных хозяйств (в Карелии примерно 90 %), в которых отсутствуют технологические изменения (рис. 2). Наиболее высокая урожайность у крестьянских (фермерских) хозяйств, но их доля в посевных площадях незначительна.

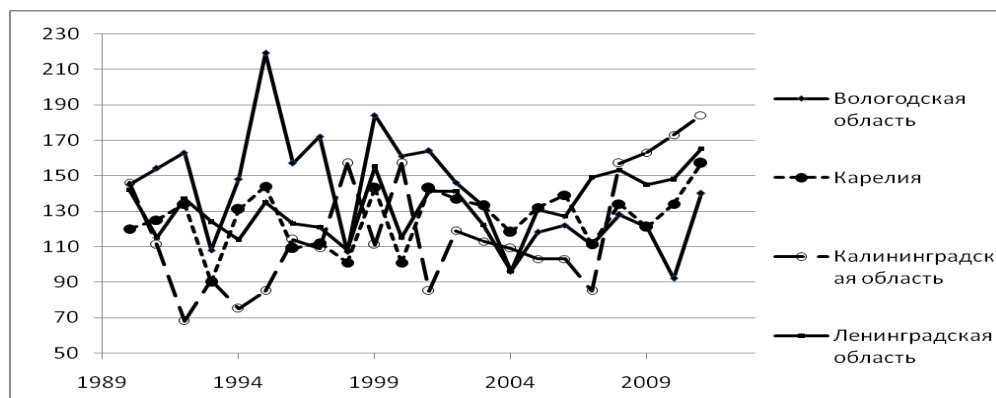


Рис. 2. Динамика урожайности картофеля в регионах СЗФО (ц/га) с 1990 г.

Урожайность овощей после непродолжительного спада стала расти (рис. 3). Увеличение урожайности частично связано с вложением инвестиций в освоение современных технологий. В Карелии благодаря трансграничному сотрудничеству реализовывалось множество инновационных проектов, некоторые из которых были направлены на передачу опыта и современных технологий по выращиванию овощей. После реализации проектов урожайность резко росла в отдельных предприятиях, но, к сожалению, из-за несоблюдения технологий через некоторое время падала. В Карелии примерно половину овощей выращивали сельскохозяйственные предприятия, но в последние годы их доля стала снижаться.

Анализ данных позволил выявить предварительные оптимальные значения средней температуры и осадков, отклонение от которых приводит к снижению урожайности. Для различных культур показатели отличаются, например, в Ка-

релии предварительные значения июльских осадков рассматривались в пределах от 70 до 180 мм, средняя июльская температура от 17 до 21°. В ходе расчетов данные оценки уточнялись.

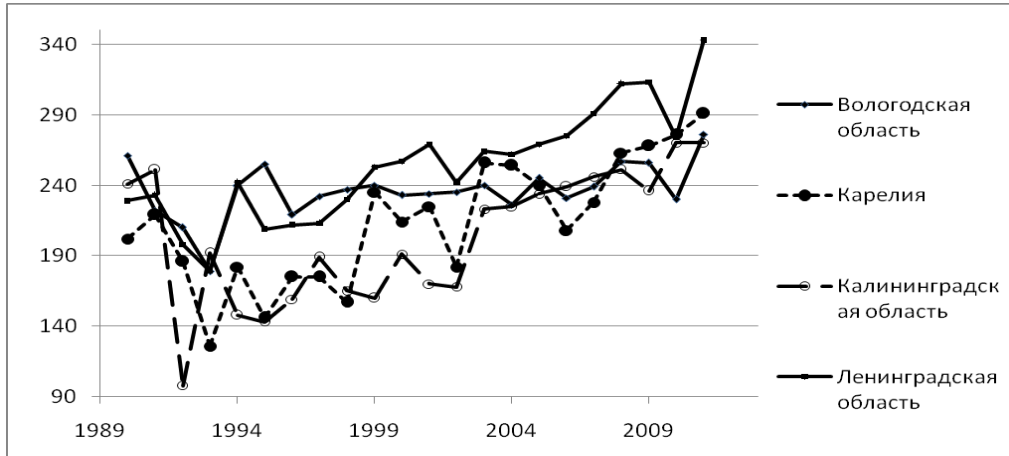


Рис. 3. Динамика урожайности овощей в регионах СЗФО (ц/га) с 1990 г.

Выделить влияние климатических факторов оказалось достаточно сложно. Вводилось понятие нейтрального технического прогресса, которое, как и в производственных функциях было представлено временной зависимостью $A(t)$. Использование экспоненты позволило определить приближенную оценку ежегодного прироста урожайности за счет не учитываемых в уравнении факторов. Отдельная проблема была связана с тем, что в начале 90-х годов экономические и производственные условия сильно отличались от последующего периода и некоторые показатели многократно превышали уровень 2000-х годов (инвестиции, ВРП, внесение удобрений). Поэтому расчеты проводились в целом за 1990–2011 гг. и отдельно за период с конца 90-х годов.

Для Карелии расчеты проводились по мультипликативной функции:

$$Y(t) = A(t) \times [T_0^2 - T^2(t)]^\mu \times [R_0^2 - R^2(t)]^\eta \times M^\nu \times X^\sigma(t), \quad (2)$$

где T_0 – оптимальная температура; T – отклонение от оптимальной температуры; R_0 – оптимальное количество осадков; R – отклонение от оптимального количества осадков; M – объем внесенных удобрений относительно 1990 г., X – социально-экономические и прочие характеристики. Параметры $\varepsilon_1 = \mu$, $\varepsilon_2 = \eta$, $\varepsilon_3 = \nu$ и $\varepsilon_4 = \sigma$ являются факторными эластичностями. Они показывают, на сколько процентов изменится урожайность, если соответствующий фактор вырастет на 1 %.

Для зерновых, как и при расчетах по России присутствует зависимость от ВРП на душу населения, который оказывает определяющее влияние, ее факторная эластичность $\varepsilon_4 = 1,09$. Значит происходящие с развитием экономики изменения уровня менеджмента и технологий, которые связаны с сельхозпредприя-

тиями и фермерскими хозяйствами влияют и в Карелии, несмотря на небольшие объемы сборов зерна. При исключении начала 90-х годов факторная эластичность по температуре невелика $\varepsilon_1 = 0,137$, а по осадкам еще меньше $\varepsilon_2 = 0,078$ при средних статистических характеристиках. В таком случае потепление на 1° может и не повысить урожайность зерновых.

Для картофеля определяющими оказались климатические характеристики, прежде всего осадки. Также был выделен незначительный отрицательный нейтральный технический прогресс $p = -0,004$, что связано с невысокой долей сельхозпредприятий в производстве картофеля. При исключении начала 90-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 невысоких статистических характеристиках. В результате можно предположить, что потепление на 1° принесет рост урожайности чуть больше, чем на 0,5 %.

Динамику урожайности овощей удалось объяснить только при добавлении технического прогресса и учете внесения минеральных удобрений, хотя значимость минеральных удобрений невелика. Исключение начала 90-х годов приводит к двухфакторной мультипликативной функции с нейтральным техническим прогрессом $p = 0,024$ (влияние инновационных проектов) и факторными эластичностями по температуре $\varepsilon_1 = 0,577$ и по осадкам $\varepsilon_2 = 0,1$. В соответствии с этой формулой потепление на 1° принесет рост урожайности лишь на 3,5 %.

В итоге можно сказать, что автоматического роста сельскохозяйственного производства не произойдет, ожидаемое потепление создаст потенциал для роста, для использования которого потребуются определенные усилия. Рост урожайности за счет потепления при сохранении традиционных культур будет незначителен. Большой эффект дадут повышение уровня менеджмента и переход к более современным технологиям. Также оказать положительное влияние может изменение структуры посевных площадей, переход к позднеспелым и более урожайным сортам и к новым, более теплолюбивым культурам, что требует уже сейчас увеличения вложений в сельскохозяйственную науку. Для того чтобы использовать открывающиеся возможности, и минимизировать ожидаемые потери, необходима адаптация регионов к ожидаемым климатическим изменениям и ориентация сельскохозяйственной науки на адаптационные проекты.

Литература

1. Воробьев В.Н., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. «Глобальное потепление» – гипотеза или реальность? // Уч. зап. РГГМУ, 2005, № 1, с. 6-21.
2. Дружинин П.В. Экономическое развитие Карелии: некоторые итоги и проблемы // Проблемы прогнозир., 1998, № 1, с. 130-135.
3. Дружинин П.В. Об оценке влияния развития экономики на окружающую среду // Экон. и матем. методы, 2010, № 4, с. 3-11.
4. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. В.М. Катцова, Б. Н. Порфирьева. – М.: Д'АРТ, 2011. – 252 с.
5. Порфирьев Б.Н. Природа и экономика: риски взаимодействия. – М.: Анкил, 2011. – 352 с.

6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012: Ст. сб. / Росстат. – М., 2012. – 990 с.
7. 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.
8. Республика Карелия: Статистический ежегодник / Карелиястат. – Петрозаводск, 2012. – 354 с.
9. Сиротенко О.Д., Павлова В.Н. Новый подход к идентификации функционалов погоды-урожаем для оценки последствий изменения климата // Метеорол. и гидрол., 2010, № 2, с. 92-100.
10. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияние на отрасли экономики России. – М.: Росгидромет, 2005. – 30 с.
11. Толстогузов О.В. Стратегия периферийного региона в условиях ограничения информации. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. – 486 с.
12. Ульянец Е.К., Мاستрюков С.И., Червякова Н.В., Узрюмов А.И. Оценка сезонных особенностей изменения климата в Северо-Европейском регионе // Уч. зап. РГГМУ, 2010, № 13, с. 70-82.
13. Филатов Н.Н., Назарова Л.Е., Сало Ю.А. Региональный климат: возможные сценарии изменения климата Карелии. Похолодание или потепление? // Изв. РГО, 2007, т. 139, № 3, с. 72-79.
14. 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.
15. 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.
16. Chang C. The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture // Agricult. Econ., 2002, № 1 (27), p. 51-64.
17. Deschênes O., Greenstone M. The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather // The Americ. Econ. Rev., 2007, № 1(97), p. 354-385.
18. Mendelsohn R., Nordhaus W., Shaw D. The impacts of global warming on agriculture: a Ricardian analysis // The American Economic Rev., 1994, № 4(84), p. 753-771.
19. Tol R. The Economic Effects of Climate // Change J. of Econ. Perspect., 2009, № 2(23), p. 29–51.