

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, регион, 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, region, yield, cereals, potatoes, vegetables.

Развитие экономики российских регионов в ближайшие годы будет зависеть от глобальных климатических изменений, исследование степени влияния которых, и путей адаптации к ним выполнено при финансовой поддержке РГНФ по проекту №12-22-18005a/Fin.

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 гг. XX в., заметно ускорилось. На территории Европейского Севера отмечается положительная динамика изменения средней годовой температуры воздуха на протяжении примерно 100 лет. Первое десятилетие XXI в. стало рекордно теплым за все 160 лет наблюдений, результаты которых позволяют оценить среднюю глобальную температуру [1, 4, 10, 13]. 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 [13, 12].

Климатические изменения оказывают заметное влияние на экономику практически всех стран, растет мировой экономический ущерб от крупномасштабных природных бедствий [18]. 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 [5, 7]. Жаркое лето 2010 г. наибольший урон нанесло рыбному хозяйству Карелии, высокая температура привела к массовой гибели выращиваемой форели.

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 [5, 4].

Больше всего изучалось влияние климатических изменений на развитие сельского хозяйства. В основном исследовалась урожайность различных культур на региональном уровне, для оценки изменения которой рассматривались различные виды уравнений, аналогичных производственным функциям [14, 15, 18, 19]. Было предложено использовать полиномы второй степени для анализа урожайности зерновых в зависимости от средних по сезонам осадков и температуры. Чанг Ч. предложил рассматривать в качестве факторов уровень менеджмента и технологический уровень [16]. О. Дечинес и М. Гринстоун отметили положительный эффект замены одной культуры на другую, более урожайную, при повышении средней температуры в регионе [17]. 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 [18].

Изучение влияния климатических изменений на сельскохозяйственное производство в РФ активизировалось в последние годы, было показано, что изменения условий хозяйствования под влиянием климата могут быть ухудшающие и улучшающие для разных регионов [9, 13]. Положительные сдвиги связаны с ростом продолжительности вегетационного периода и расширением зоны земледелия, также мягкие зимы способствуют повышению урожайности озимых, а при дальнейшем повышении температуры большее распространение могут получить более теплолюбивые культуры. 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 [4, 5, 10].

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 (СЗФО). Для оценки данного влияния строится системное описание происходящих процессов для поиска возможных зависимостей изменения урожайности от климатических характеристик.

Для выявления факторов, которые надо включить в модель 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 периодов с различным поведением показателей. В результате определялись ограничения на параметры функций, и происходил выбор наиболее подходящих функций, прежде всего исходя из динамики 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 [3].

После проведенного анализа данных строились 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. Строились линейные и мультипликативные уравнения урожайности по регионам по временным рядам для одного региона или пространственные по регионам за один год, или панельные по регионам за несколько лет.

Проведившиеся ранее исследования позволили отобрать перечень показателей, и анализ графиков взаимосвязей показателей на данных регионов СЗФО показал, 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, сумма активных температур 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, посевные площади), 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 для каждого региона.

На основе получаемых по строящимся функциям оценок и климатических сценариев, предлагаемых экспертами, можно строить и исследовать различные сценарии развития сельского хозяйства. В работах [4, 5, 9] рассмотрено множество сценариев, по которым могут происходить изменения климата. Для приближенных оценок степени

влияния климатических изменений рассматривалось повышение средней температуры на 5 % к 2030 г.

В статье представлено исследование влияния различных факторов на урожайность основных культур, выращиваемых в Республике Карелия и других регионах Северо-Запада [2, 11]. Большая часть информации была получена из статистических справочников ФСГС и данных различных ведомств [6, 8]. Для расчетов использовалась также информация, собранная институтами РАН и другими ведомствами [4, 10, 13].

Предварительные исследования факторов, влияющих на динамику урожайности РФ, показали значительные отличия для разных сельскохозяйственных культур. Динамика урожайности зерновых в РФ сильно коррелирует с динамикой ВВП и с посевными площадями. Урожайность зерновых падает в 90-х гг. 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. Выращивание и экспорт зерна стали приносить высокую прибыль, начался процесс консолидации бизнеса и в 2000-х гг. стал расти уровень менеджмента. Аналогичная картина наблюдается и в большинстве российских регионов. Другие культуры этот процесс затронул гораздо меньше. В то же время, если сокращение посевных площадей превысило 10 %, то наблюдается отрицательная корреляция урожайности зерновых и посевных площадей.

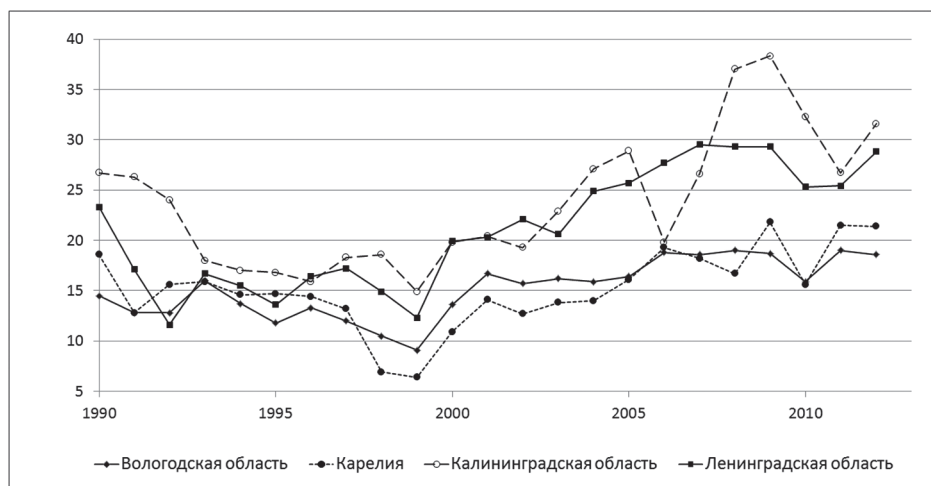


Рис. 1. Динамика урожайности зерновых в регионах СЗФО (ц/га) с 1990 г.

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. 1–3). 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. Во всех четырех рассматриваемых регионах преобладают подзолистые почвы, в Вологодской области также присутствуют каштановые солонцеватые и солончаковатые, в Ленинградской — дерново-карбонатные. Для уменьшения влияния почвенных характеристик на получаемые оценки при моделировании может использоваться разностный подход [9].

Урожайность зерновых в регионах СЗФО падала до начала 2000-х гг., 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 влияет и сокращение посевных площадей зерновых, остаются только наиболее урожайные поля.

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.

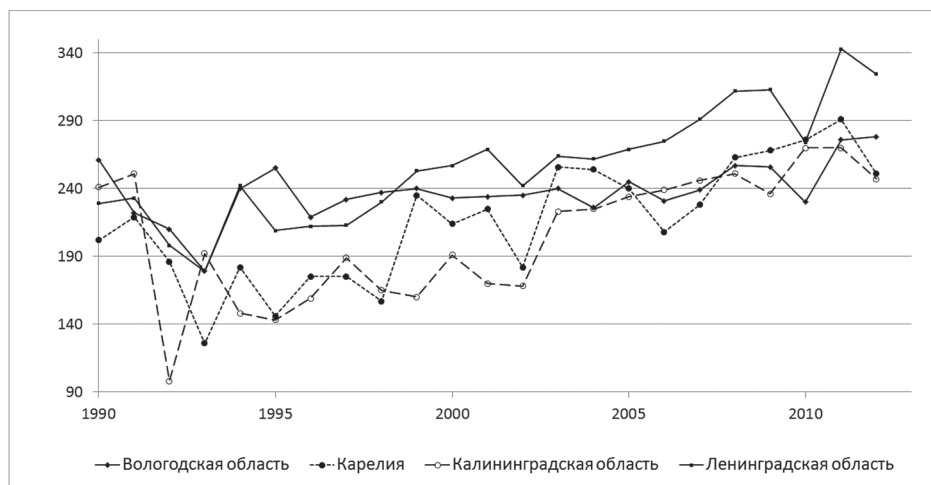


Рис. 3. Динамика урожайности овощей в регионах СЗФО (ц/га) с 1990 г.

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 Карелии 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.

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 гг. экономические и производственные условия сильно отличались от последующего периода и некоторые показатели многократно превышали уровень 2000-х гг. (инвестиции, ВРП, внесение удобрений). Поэтому расчеты проводились в целом за 1990–2011 гг. и отдельно за период с конца 90-х гг.

В статье приводятся результаты расчетов по Карелии по трем основным культурам. Для Карелии расчеты проводились по мультипликативной функции:

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

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 сельхозпредприятиями и фермерскими хозяйствами влияют и в Карелии, несмотря на небольшие объемы сборов зерна. При исключении начала 90-х гг. 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 гг. 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 гг. 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? // Ученые записки РГГМУ, 2005, № 1, с. 6–21.
2. Дружинин П.В. Экономическое развитие Карелии: некоторые итоги и проблемы. // Проблемы прогнозирования, 1998, № 1, с. 130–135.
3. Дружинин П.В. Об оценке влияния развития экономики на окружающую среду. // Экономика и математические методы, 2010, № 4, с. 3–11.

4. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации не 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. — Петрозаводск: Карелиястат, 2012. — 354 с.
9. 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.
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., Мастрюков С.И., Червякова Н.В., Угрюмов А.И. Оценка сезонных особенностей изменения климата в Северо-Европейском регионе. // Ученые записки 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? // Известия 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), pp. 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), pp. 19–30.
16. Chang C. The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture. // Agricultural Economics, 2002, № 1(27), pp. 51–64.
17. 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), pp. 354–385.
18. Mendelsohn R., Nordhaus W., Shaw D. The impacts of global warming on agriculture: a Ricardian analysis. // The American Economic Review, 1994, № 4(84), pp. 753–771.
19. Tol R. The Economic Effects of Climate. // Change Journal of Economic Perspectives, 2009, № 2(23), pp. 29–51.