

**ВОЗМОЖНАЯ АДАПТАЦИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОСНОВНЫХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР МОЛДОВЫ К НОВЫМ
КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ СОГЛАСНО СЦЕНАРИЯМ
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА CSIRO-MK2, HADCM2, ECHAM4. ЗА
СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕВООБОРОТОВ.**

Цэрану Лилия

Институт экологии и географии АН Молдовы

Введение. Реальность изменения климата и условий ведения сельского хозяйства в Молдове требуют заранее разработать специальную программу адаптации аграрного сектора для его устойчивого развития в новых климатических условиях. Необходимо проводить научные исследования по уточнению прогнозных изменений климата в сельскохозяйственных районах, и уже в соответствии с такими программами разрабатывать сельскохозяйственные программы развития регионов. В этих программах необходимо предусмотреть изменение аграрной специализации агроклиматических районов, структуры посевных площадей, типов культур, корректировку агротехнических приемов и т.д. вплоть до ограничения развития сельскохозяйственного производства в отдельных районах. Сейчас зачастую климатический фактор не учитывается как сельскохозяйственными производителями, так и отраслевыми министерствами, что может привести в ближайшем будущем к большим социальным и экономическим потерям в стране, а также неэффективному распределению инвестиций в сельском хозяйстве. В работе [1] представлена стратегия адаптации отраслей растениеводства к новым климатическим условиям, которая включает себя: организационные меры; применение экзогенных методов для управления процессами роста и развития растений в условиях аридизации климата; усиление селекционно-генетической работы; меры по адаптации озимых, кукурузы и винограда. Целью представленной работы был анализ адаптации урожайности основных зерновых и технических культур Молдовы к новым климатическим условиям согласно сценариям изменения климата CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4 с учетом использования ротации культур и научно обоснованных севооборотов.

Материалы и методы. Прогноз воздействия климатических изменений на сельское хозяйство Молдовы сделан на основе проекций изменения температуры воздуха и осадков, полученных регионализацией глобальных экспериментов трех наиболее достоверных для условий Молдовы моделей Глобальной Циркуляции атмосферы и океана CSIRO-Mk2 (The Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research

Organization), HadCM2 (The UK Hadley Center for Climate Prediction and Research) и ECHAM4 (The German Climate Research Centre) [2]. Сценарии GCM доступны в архиве Hadley Center for Climate Prediction and Research http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/is92/gcm_data.html (DDC GCM Data Archive).

В качестве метода исследований выбран поиск взаимосвязей между изменчивостью климата и урожайностью указанных культур, на базе регрессионного анализа [3] (с помощью пакета прикладных программ STATGRAPHICS Plus и Microsoft Office Excel). Основой для составления статистической проекции по адаптации послужил расчет экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур с учетом оптимального подбора предшественников и использования севооборотов [4, 5], представленный в Таблице 1.

Таблица 1. Расчет экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур (с учетом оптимального подбора предшественников и использования севооборотов)

Показатели	Единицы измерения	Озимая пшеница	Кукуруза на зерно	Сахарная свекла	Подсолнечник
Урожайность (средняя по Республике Молдова в 2004)	т/га	2,75	3,07	26,11	1,24
Средняя цена реализации	лей/т	1 500	1 000	370	2 700
Стоимость произведенной продукции с 1 га	лей/га	4 121,1	3 071,2	9 661,3	3 344,6
Себестоимость произведенной продукции с 1 га	лей/га	3 500	2 600	8 000	2 800
Прибыль, полученная с 1 га	лей/га	621,1	471,2	1 661,3	544,6
Уровень рентабельности	%	17,7%	18,1%	20,8%	19,4%
Относительная прибавка урожая за счет использования предшественника, бобовые на зерно	%	25	25	25	25
Возможная прибавка урожая за счет использования предшественника, бобовые на зерно	т/га	0,69	0,77	6,53	0,31
Урожайность, которую можно получить	т/га	3,43	3,84	32,64	1,55
Стоимость продукции, которую можно получить	тыс./лей	5 151,4	3 839,0	12 076,7	4 180,7
Себестоимость возможной продукции	лей/га	4 200	3 000	9 300	3 350
Прибыль, которую можно получить с 1 га	лей/га	951,4	839,0	2 776,7	830,7
Уровень возможной рентабельности с 1 га	%	22,7%	28,0%	29,9%	24,8%
Отклонение уровня возможной рентабельности от среднего уровня рентабельности	р.р.	4,9	9,8	9,1	5,3
Отклонение уровня возможной прибыли от среднего уровня прибыли	лей/га	330,28	367,80	1 115,34	286,14
Стоимость продукции, которую можно получить с 1 га в стоимостном выражении	лей/га	1 030,3	767,8	2 415,3	836,1

Результаты и обсуждение. Существует множество вариантов адаптации предполагающих разные уровни затрат от изменения существующих методов вплоть до изменения мест ведения сельскохозяйственной деятельности. Эффективность адаптации варьирует от минимального уменьшения отрицательных последствий до

превращения отрицательных последствий в положительные. Например, в системах выращивания зерновых такие меры адаптации как изменение сортов и времени посадки позволяют избежать 10-15% снижения урожайности, что соответствует местному повышению температуры на 1-2⁰С [6].

Интенсивная эксплуатация плодородных земель или использование неустойчивых методов земледелия, может усилить деградацию сельскохозяйственных угодий, а также поставить под угрозу продовольственную безопасность страны. Нами предпринята попытка анализа адаптации урожайности основных зерновых и технических культур Молдовы к новым климатическим условиям согласно сценариям изменения климата CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4 с учетом использования практики ротации культур и научно обоснованных севооборотов.

Чувствительность урожайности зерновых (кукурузы и пшеницы) и технических (подсолнечника и сахарной свеклы) культур к изменению климата согласно сценариям CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4 для различных временных периодов 2010-2039гг, 2040-2069гг, 2070-2099гг., относительно базового периода 1960-1990 гг. представлена на Рис. 1-12. Отражена реакция данных культур без учета адаптации и с учетом адаптации (в частности, использования практики ротации культур и севооборотов).

Анализ представленных статистических проекций показывает относительное преимущество адаптации за счет использования севооборотов и оптимального подбора предшественника для первого временного периода 2010-2039 гг., относительно базового периода 1960-1990 гг.

В зависимости от культуры, прогнозируемый рост урожайности составит: озимая пшеница от +2,76% по сценарию ECHAM4 до +5,53% CSIRO-Mk2 и/или +7,16% по сценарию HadCM2; кукуруза от 12,47% по сценарию ECHAM4 до +14,89% HadCM2 и/или +16,02% по сценарию CSIRO-Mk2; подсолнечник от +22,99% по сценарию ECHAM4 до +24,18% HadCM2 и/или +28,57% по сценарию CSIRO-Mk2; сахарная свекла от +16,78% по сценарию ECHAM4 до +17,35% по сценарию CSIRO-Mk2.

В дальнейшем к 2070-2099 годам в связи с ростом температур и испаряемости, на фоне снижения количества осадков эффективность адаптации заметно падает. Прогнозируется снижение урожайности по двум сценариям изменения климата даже с учетом адаптации (использование севооборотов), относительно базового периода: кукуруза 10,51% HadCM2 и/или 12,23% ECHAM4; сахарная свекла 9,54% ECHAM4

и/или 23,80% HadCM2; озимая пшеница от 22,64% CSIRO-Mk2 до 36,09% HadCM2 и/или 41,98 ECHAM4.

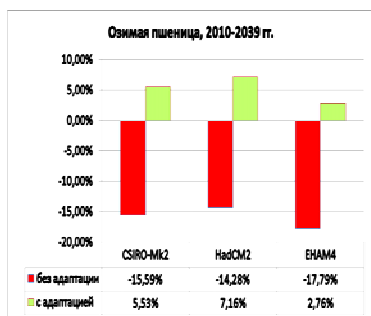


Рис. 1

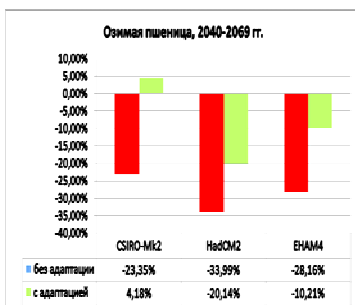


Рис. 2

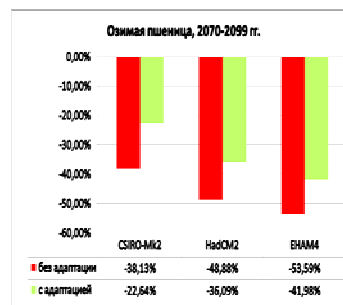


Рис. 3

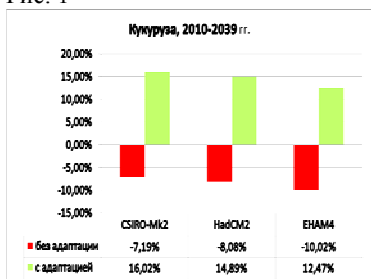


Рис. 4

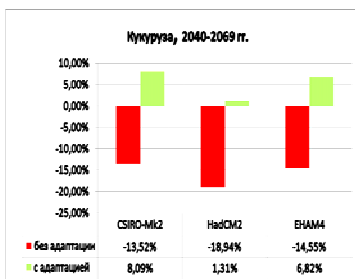


Рис. 5

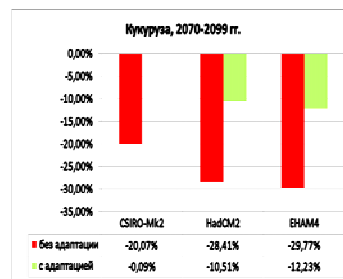


Рис. 6

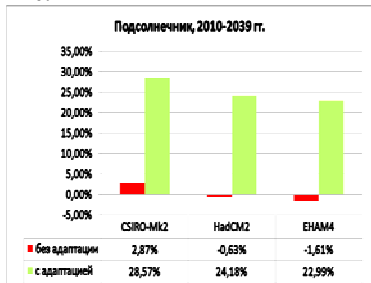


Рис. 7

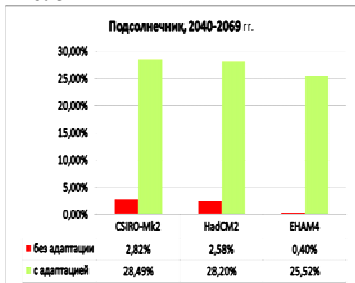


Рис. 8

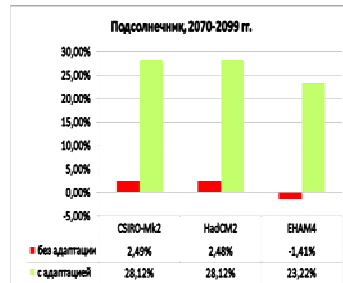


Рис. 9

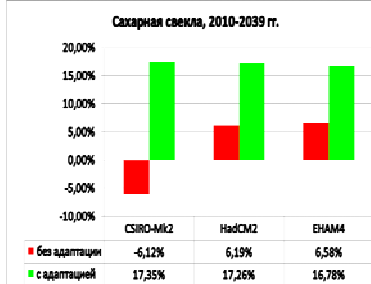


Рис. 10

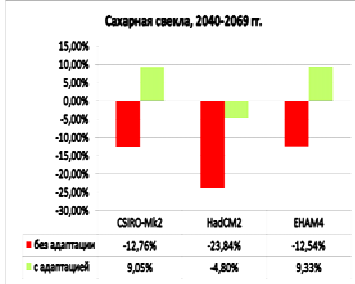


Рис. 11

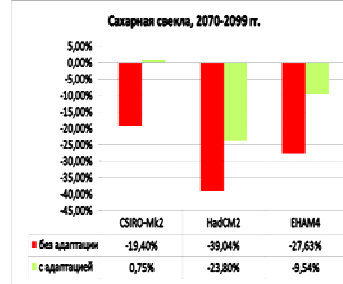


Рис. 12

Рис.1-12. Чувствительность урожайности зерновых (озимой пшеницы и кукурузы) и технических (подсолнечника и сахарной свеклы) к изменению климата согласно сценариям изменения климата CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4 для различных временных горизонтов (статистическая проекция)

По более оптимистичному сценарию CSIRO-Mk2, для данного временного горизонта у кукурузы и сахарной свеклы с учетом адаптации урожайность сохранится на уровне базового периода (1960-1990 годы).

Для подсолнечника к 2070-2099 годам с учетом мер адаптации прогнозируется положительная реакция, относительная прибавка урожайности может составить +23,22% ECHAM4 и/или +28,12% CSIRO-Mk2, HadCM2.

Современные рекомендации по использованию рациональных севооборотов для сельскохозяйственных предприятий рассматривают наиболее оптимальное размещение сельскохозяйственных культур после предшественников, а также основные требования к ротации культур [7].

Для **озимой пшеницы**, предшественники делятся на две группы: **первая группа** – культуры, которые убираются в первую половину лета (до 1 июля): рожь, вика озимая и яровая, овощной горошек, люцерна, кормовые бобовые отдельно или в смеси со злаковыми культурами в последний год жизни после первого укоса. **Вторая группа** – культуры, которые освобождают поле во второй половине лета: горох на зерно, повторная культура зерновых (самое большее 2 года), кукуруза на силос, фасоль. Необходимо отметить, что урожайность озимой культуры намного выше после предшественников первой группы. *Полевые севообороты рекомендуется заполнять зерновыми культурами (озимая пшеница, ячмень, кукуруза на зерно) в пропорции 40 – 70%.* **Кукуруза на зерно** является культурой менее требовательной к предшественникам и может возделываться как повторная культура. Лучшими предшественниками для кукурузы являются бобовые однолетние и многолетние, зерновые культуры. Урожайность **подсолнечника** напрямую зависит от времени возврата на прежнее место возделывания, оптимальное время возвращения культуры составляет 7-9 лет. **Сахарную свеклу** рекомендуется размещать в севообороте после озимой пшеницы, которая в свою очередь размещается после предшественников первой группы, в этом случае обеспечивается дополнительный урожай (0,6-0,8 т сахара с гектара).

Рекомендуется использовать следующие севообороты:

Северная зона. Севооборот I. 1. Многолетние травы, 2. Многолетние травы, 3. Озимая пшеница (ячмень), 4. Сахарная свекла, 5. Кукуруза на зерно, 6. Горох на зерно, 7. Озимая пшеница, 8. Сахарная свекла, Табак, 9. Кукуруза на зерно, 10. Озимый ячмень. **Севооборот II.** 1. Вика яровая + яровой ячмень, овес, 2. Озимая пшеница, 3. Сахарная свекла, 4. Кукуруза на зерно, 5. Горох на зерно, 6. Озимая пшеница, 7. Сахарная свекла, 8. Кукуруза на зерно, 9. Яровой ячмень, 10. Подсолнечник. **Севооборот III.** 1. Кукуруза на зеленый корм + люцерна, 2. Люцерна, 3. Люцерна, 4. Озимая пшеница, 5. Сахарная свекла, 6. Кукуруза на зерно, 7. Горох на зерно, 8. Озимая пшеница, 9. Сахарная свекла, 10. Кукуруза на силос.

Центральная и южная зоны. Севооборот IV. 1. Смешанные посевы яровая или озимая вика + рожь, ячмень (яровой или озимый), овес, 2.

Озимая пшеница, 3. Кукуруза на зерно, 4. Горох на зерно, 5. Озимая пшеница, 6. Кукуруза на зерно, 7. Подсолнечник, Табак.

Севооборот V. 1. Кукуруза на силос, 2. Озимая пшеница, ячмень, 3. Кукуруза на зерно, 4. Горох на зерно, 5. Озимая пшеница, 6. Кукуруза на зерно, 7. Яровой ячмень, 8. Подсолнечник, Табак.

Для фермерских хозяйств мелких и средних рекомендуется использовать севообороты из 3 - 4 культур. Включение многолетних трав, подсолнечника или табака в севооборот требует большего количества полей или разбивки их более мелкие участки. В качестве примера может служить следующий севооборот: 1. Занятый пар, 2. $\frac{1}{2}$ Люцерны - $\frac{1}{2}$ Сахарная свекла, 3. Озимая пшеница, 4. $\frac{1}{2}$ Люцерны - $\frac{1}{2}$ Ячмень, соя, 5. Кукуруза на зерно. На склонах крутизной от 5 до 7° рекомендуются защитные кормовые противоэрозионные севообороты, в которых преобладают культуры сплошного посева, например со следующей схемой чередования культур: 1. Эспарцет, 2. Эспарцет, 3. Озимая пшеница, 4. Горох на зерно, смесь бобовых и злаковых культур на зеленый корм, 5. Озимая пшеница, смесь вики с овсом. Такие севообороты позволяют не только в значительной степени уменьшить эрозию, но и улучшить азотный режим за счет фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями при выращивании бобовых культур [8].

Проведенное исследование показывает, что улучшение структуры землепользования и системы сельскохозяйственного производства (оптимальный подбор предшественников, ротация культур и т. д.) с учетом будущих изменений климата наряду с другими мерами экономического и социального плана способно не только снизить отрицательное воздействие изменения климата, но и дать определенный положительный результат. Однако несмотря на это уже сейчас существует экстренная необходимость в разработке комплексного национального плана по адаптации сельского хозяйства к изменению климата.

Выводы. Выявлено относительное преимущество адаптации за счет использования севооборотов и оптимального подбора предшественника для первого временного периода 2010-2039 гг., относительно базового периода 1960-1990 гг. В зависимости от культуры, предполагаемый рост урожайности составит: озимая пшеница от 2,76% ECHAM4 до +5,53% CSIRO-Mk2 и/или +7,16% по сценарию HadCM2; кукуруза от 12,47% ECHAM4 до +14,89% HadCM2 и/или +16,02% по сценарию CSIRO-Mk2; подсолнечник от +22,99% ECHAM4 до +24,18% HadCM2 и/или +28,57% по сценарию CSIRO-Mk2; сахарная свекла от +16,78% ECHAM4 до +17,35% по сценарию CSIRO-Mk2; В дальнейшем к 2070-2099 годам в связи с ростом температур и испаряемости, на фоне снижения количества осадков эффективность данного вида адаптации заметно падает. Представлены основные требования к ротации и оптимальные схемы

размещения сельскохозяйственных культур. Показано, что улучшение системы землепользования с учетом будущих изменений климата наряду с другими мерами экономического и социального плана способно не только снизить отрицательное воздействие изменения климата, но и дать определенный положительный результат.

Настоящая работа выполнена в рамках проекта ЮНЕП-ГЭФ „Подготовка Второго национального сообщения Республики Молдова в соответствии с требованиями Рамочной конвенции по изменению климата Организации Объединенных Наций”.

Литература

1. Коробов Р., Чалык С., Буюкли П. Оценка чувствительности растениеводства к возможному изменению климата. В кн.: Климат Молдовы в XXI веке: проекции изменений, воздействий, откликов. – Кишинев. - 2004. – С.213-253.
2. Ministerul Mediului și Amenajării Teritoriului / PNUD Moldova (2000) *Prima Comunicare Națională a Republicii Moldova elaborată în cadrul Convenției Națiunilor Unite privind Schimbarea Climei*. - Chișinău. - 2000. - 74 p.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. - Москва: Высшая школа. - 1990. - 352 стр.
4. Andrieș S., Constantinov I., Filipciuc V. și alții Programul complex de valorificare a terenurilor degradate și sporirea fertilității solurilor. - Chișinău, 2004. - 212 p.
5. Ungureanu V., Cerbari V., Magdîl A., Cherman E. Practici agricole prietenoase mediului: îndrumar. Proiectul Controlului Poluării în Agricultură. Agenția Națională de Dezvoltare Rurală. – Ch.: Î.S. F.E.-P. „Tipogr. Centrală”, 2006. - 96 p.
6. Изменения климата, 2007. Последствия, адаптация и уязвимость. Часть вклада Рабочей группы II в Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата об оценках, 2007. 124с.
7. Recomandări „Asolamente raționale pentru gospodăriile agricole din Republica Moldova”. Ministerul Agriculturii și Alimentației al Republicii Moldova. - Bălți, 1997. - 66p.
8. Цыганок В.Д., Андриеш С.В. Система применения удобрений для получения планируемых по влагообеспеченности урожаев и восстановления почвенного плодородия. В кн.: Эрозия почв. Сущность процесса. Последствия, минимализация и стабилизация: Пособие. – Ch.: Pontos, 2001. – 428p.

Summary

Tăranu L. Possible adaptation of Moldova's main crops productivity to the new climate conditions, according to the general atmospheric circulation models CSIRO-Mk2, HadCM2 and ECHAM4, by the use of crop rotation.

In comparison with the reference period (1960-1990), for the 2010-2039 time series it was revealed a relative advantage of such adaptation measures like use of crops rotation and the optimal selection of predecessors. Depending on the crop and the general atmospheric circulation models (ECHAM4, HadCM2 and CSIRO-Mk2), the predicted increase of productivity will vary for winter wheat - from 2.8% under the ECHAM4, to 5.5% under the CSIRO-Mk2 and up to 7.2% under HadCM2; for grain maize - from 12.5% under the ECHAM4 to 14.9% under the HadCM2 and up to 16.0% under the CSIRO-Mk2; for sunflower - from 23.0% under the ECHAM4 to 24.2% under the HadCM2 and up to 28.6% under the CSIRO-Mk2; for sugar beet - from 16.8% under the ECHAM4 to 17.4% under the CSIRO-Mk2. By 2070-2099 periods, due to increase of average air temperature and evaporation, as well as a consequence of precipitations decrease, the effectiveness of respective adaptation measures will reduce significantly.

Keywords: *climate change, agricultural crops, crop rotation use.*

Аннотация

Цэрану Л. Возможная адаптация урожайности основных сельскохозяйственных культур Молдовы к новым климатическим условиям согласно сценариям изменения климата CSIRO-Mk2, HadCM2 и ECHAM4 за счет использования севооборотов.

Выявлено относительное преимущество адаптации за счет использования севооборотов и оптимального подбора предшественника для первого временного периода 2010-2039 гг., относительно базового периода 1960-1990 гг. В зависимости от культуры, предполагаемый рост урожайности составит: озимая пшеница от 2,76% ECHAM4 до +5,53% CSIRO-Mk2 и/или +7,16% по сценарию HadCM2; кукуруза от 12,47% ECHAM4 до +14,89% HadCM2 и/или +16,02% по сценарию CSIRO-Mk2; подсолнечник от +22,99% ECHAM4 до +24,18% HadCM2 и/или +28,57% по сценарию CSIRO-Mk2; сахарная свекла от +16,78% ECHAM4 до +17,35% по сценарию CSIRO-Mk2. В дальнейшем к 2070-2099 годам в связи с ростом температур и испаряемости, на фоне снижения количества осадков эффективность данного вида адаптации заметно падает.

Ключевые слова: *климатические изменения, сельскохозяйственные культуры, севообороты.*