УДК [631.1:551.583:338.27](477)

ЛОПАТИНСКАЯ А.Ю.

Прогнозная модель отдельных параметров аграрного производства в условиях изменения климата

Построена прогнозная модель изменения параметров украинского аграрного производства при ожидаемом изменении значений температуры воздуха и соответствующих значений природно-климатических параметров. Также предложены пути смягчения возможных негативных последствий изменения климата.

Ключевые слова: прогнозная модель, изменение климата, аграрный сектор, ожидаемое изменение параметров аграрного производства.

Угрожающие тенденции изменения климата на сегодняшний день многими учеными и практиками считаются глобальной проблемой, последствия которой почувствует на себе большинство стран мира. Наибольшее влияние испытывает аграрный сектор национальных экономик, развитие которого напрямую зависит от природно-климатических условий, поэтому данной проблеме необходимо уделять значительное внимание и проводить дополнительные исследования для поиска путей уменьшения возможных негативных последствий климатических изменений и адаптации к ним.

Изменение климата исследуют многие международные организации, институты и отдельные ученые. Среди них следует отметить таких, как М. Аллен, К. Андерсон, Р. Белинга, Р. Бетс, Ф. Джонс, Д. Кейз, Дж. Кристи, М. Мэннинг, Дж. Митчелл, Р. Пилке Ст., В. Попе, С. Соломон, И. Фунг, Г. Шельнхубер, Г. Шмидт, С. Шнайдер и др. Среди украинских исследований можно выделить труды Т. Адаменко, Е. Бородиной, А. Иващенко, В. Сайко, В. Федоренко, В. Чайки, Л. Ющенко и др. Однако в украинской экономической науке на сегодняшний день проблеме изменения климата уделяется не такое значительное внимание, как в других странах мира, хотя, по прогнозным оценкам, климатические изменения коснутся и Украины. Именно поэтому необходимо активизировать исследования, осуществлять прогнозы изменения климата и оценивать возможные последствия такого изменения.

Целью нашего исследования стало построение прогнозной модели реагирования аграрного производства на изменение климата и определение путей предотвращения ожидаемых негативных последствий климатических изменений.

Изменение климата может быть определено как значительные изменения в средних значениях метеорологических элементов (в частности, температуры или количества осадков) на протяжении определенного периода времени, где средние значения берутся за периоды около десяти лет или дольше[1].

Климатические изменения в основном обусловлены человеческой деятельностью. Главными антропогенными факторами, которые вызывают изменение климата, являются сжигание ископаемых видов топлива и изменение системы землепользования. Особенно интенсивно выбросы парниковых газов от деятельности человека начинают расти с 90-х годов XX века. Это приводит к увеличению концен-

трации углекислого газа (составляющего около $^3/_4$ от общего объема парниковых газов) в воздухе. Так, если в 1990 году его концентрация составляла 354 частицs на миллион, то в 2012 году она выросла до 392,5 частицы[2].

Украина относится к 25 странам, которые осуществляют наибольшие выбросы углекислого газа (CO_2) от сжигания ископаемого топлива и производства цемента. Однако положительной является тенденция к уменьшению этих выбросов. Уровень 2011 года (320 млн. тонн, по международным оценкам) был на 58,4% ниже уровня 1990 года (770 млн. тонн). Правда, это связано не столько с внедрением новых технологий, сколько с сокращением объемов загрязняющих производств.

Заметим, что данные об объемах выбросов CO_2 представленные Государственной службой статистики Украины начиная с 2004 года, заметно отличаются от международных данных (рис. 1). Это также является проблемой, ведь объемы выбросов по внутренним данным значительно ниже, чем по внешним оценкам.

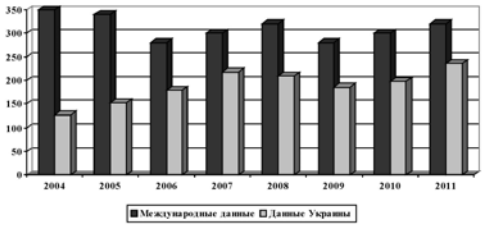


Рис. 1. Выбросы CO_2 в Украине по внутренним и внешним данным, млн. тонн

Примечание: разработано по: Государственная служба статистики Украины. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2009/ns_rik/ns_u/dvsr_u2008.html

Значительны в Украине и выбросы на душу населения. В 1990 году Украина занимала пятое место в мире по этому показателю после США, России, Канады и Австралии (14,9 тонны). В дальнейшем выбросы на душу населения уменьшались, а уровень 2011 года (7,1 тонны)[3] был в два раза ниже, чем уровень 1990 года, что связано прежде всего с уменьшением количества населения государства (на 14% с 1990 по 2011 год) и с общим сокращением выбросов CO_2 вследствие спада объемов промышленного производства и изменения его структуры, в частности уменьшения доли загрязняющего первичного производства.

По прогнозным оценкам, Украина также входит в состав стран, которых в будущем коснутся климатические изменения. Следовательно, придется тратить больше средств и усилий для обеспечения человеческого существования в условиях усложнения экологических взаимодействий. Ключевую роль здесь должна играть продуманная экологическая политика государства и ее законодательно-нормативное обеспечение.

На сегодняшний день украинское законодательное обеспечение экологических вопросов является недостаточным. В сфере экологии существуют такие законы и нормативно-правовые акты, как Закон Украины «Об Общегосударственной программе формирования национальной экологической сети Украины на 2000–2015 годы» от 21.09.2000 № 1989-III[4], Закон Украины «Об основных принципах (стратегии) государственной экологической политики Украины на период до 2020 года» от 21.12.2010 № 2818-VI[5] и Постановление Кабинета Министров «Об утверждении Порядка разработки проектов землеустройства, обеспечивающих эколого-экономическое обоснование севооборота и упорядочение угодий Украины» от 2.11.2011 № 1134[6].

Что касается нормативных актов в сфере изменения климата, то они явно нуждаются в расширении. Постановление Кабинета Министров Украины «О климатической программе Украины» от 28.06.1997 № 650[7] хотя и является достаточно давним, формально не утратило силы до сих пор. Также заметим, что сроки выполнения мероприятий, указанных в Программе, давно прошли, следовательно, актуальным является вопрос принятия новой Программы с учетом требований времени и климатических изменений, которые уже произошли и какие ожидаются.

Также действует Постановление Кабинета Министров Украины «О Межведомствен-

ной комиссии по обеспечению выполнения «Рамочной конвенции ООН по изменению климата» от 14.04.1999 № 583[8], которое, правда, было обновлено в 2011 году.

Как отмечалось, от изменения климата больше всего пострадает аграрный сектор экономики Украины, ведь он напрямую зависит от природно-климатических условий. Повышение температуры повлияет на все аспекты аграрного хозяйствования, затронув и растениеводство, и животноводство, поэтому необходимо не только следить за текущей ситуацией в секторе, но и прогнозировать возможные будущие изменения, чтобы приспосабливаться к ним и пытаться уменьшить их негативные последствия.

В контексте вышесказанного нами исследовано влияние повышения среднегодовой температуры и колебания других природно-климатических факторов на базовые показатели функционирования аграрного сектора, в частности на урожайность основных сельскохозяйственных культур. Это параметр, выбранный нами для характеристики ожидаемого изменения состояния аграрного сектора. Для определения тесноты и формы связи между исследуемыми показателями мы использовали метод корреляционно-регрессионного анализа, в основе которого – метод наименьших квадратов. Для прогнозирования степени влияния колебаний средней температуры на зависимые переменные величины в данной модели нами применены принципы анализа на основе использования нейронных сетей.

Для расчетов использовались данные Центральной геофизической обсерватории Украины, такие как среднегодовые значения температуры воздуха, его относительной влажности, температуры поверхности почвы и количества осадков за 1990–2010 годы, ведь по оценкам именно с 1990 года температура воздуха в Украине начала заметно расти. Также для исследования использованы данные об урожайности сельскохозяйственных культур за соответствующие годы (статистический ежегодник «Сельское хозяйство Украины»[9]).

Результаты проведенного регрессионного анализа зависимости урожайности основных сельскохозяйственных культур от совокупности всех исследуемых природно-климатических факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость урожайности от совокупности природно-климатических факторов

Сельскохозяйственные культуры	r	R^2
Зерновые культуры	0,6	0,36
Ячмень	0,76	0,58
Сахарная свекла	0,79	0,62
Подсолнечник	0,73	0,53
Рапс	0,69	0,48
Картофель	0,83	0,69
Овощи	0,52	0,27
Плоды и ягоды	0,24	0,06
Виноград	0,36	0,13

Примечание: авторская разработка.

На основании числовых значений коэффициента детерминации (R^2) можно утверждать, что изменение урожайности, например, картофеля в 69% случаев зависит от изменения природно-климатических факторов. Сопоставление данных коэффициента корреляции (r) со шкалой тесноты связи Чеддока показывает, что урожайность ячменя, сахарной свеклы, подсолнечника, рапса и картофеля находится в тесной зависимости от природно-климатических факторов, урожайность зерновых культур и овощей – в средней зависимости, а урожайность винограда, плодов и ягод – в слабой зависимости. Можно предположить, что на колебание урожайности винограда, плодов и ягод существенно влияют другие факторы (кроме температурных), в том числе и случайные, рассмотрение которых выходит за рамки нашего исследования.

Таким образом, результаты проведенного нами статистического анализа зависимости между изменением температурных параметров (факторных признаков) и урожайностью отдельных сельскохозяйственных культур (результативных признаков) свидетельствуют, что уровень зависимости между данными параметрами достаточно высок. В то же время специалисты прогнозируют дальнейшее изменение

климата в сторону потепления, которое получило название «глобальное». Соответственно возникает теоретико-прикладная задача оценки влияния ожидаемого повышения средней температуры воздуха на развитие украинского аграрного сектора. Нами построена прогнозная модель такого воздействия, в основу которой положена оценка вероятного изменения урожайности основных сельскохозяйственных культур при росте среднегодовой температуры воздуха последовательно на 0,5°С, 1°С, 1,5°С и на 2°С. Для этого мы использовали нейронные сети, а именно программу *NeuralTools* от компании *Palisade Corporation*. Сначала было оценено вероятностное изменение основных природно-климатических параметров (относительная влажность воздуха, среднегодовая температура поверхности почвы, количество осадков) в зависимости от пошагового изменения среднегодовой температуры воздуха (табл. 2).

Таблица 2

Прогнозируемые природно-климатические параметры

Показатели	Текущие значения	+0,5°С	+1,0°С	+1,5°С	+2,0°С
Среднегодовая температура воздуха, °С	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4
Относительная влажность воздуха, %	74,8	74,2	73,4	73,4	72,8
Среднегодовая температура поверхности почвы, °С	11,0	11,6	12,4	13,1	13,1
Количество осадков, мм	579,1	563,1	547,5	519,7	495,4

Примечание: авторская разработка

На следующем этапе оценена ожидаемая урожайность основных сельскохозяйственных культур в зависимости от изменения четырех упомянутых природно-климатических параметров (табл. 3).

В целом по Украине урожайность зерновых культур, ячменя и картофеля будет несколько снижаться с ростом средней температуры воздуха. При увеличении температуры на 0,5°С урожайность сахарной свеклы и подсолнечника повысится, а затем будет уменьшаться. Урожайность плодов и ягод, а также винограда будет расти в соответствии с увеличением температуры, однако при росте свыше 1°С урожайность винограда будет уменьшаться. Урожайность других культур, в частности рапса и овощей, сначала будет снижаться, а в дальнейшем повышаться по мере увеличения температуры. К сожалению, по прогнозу, общая урожайность основных сельскохозяйственных культур будет уменьшаться с ростом средней температуры воздуха.

Таблица 3

Прогнозируемая урожайность основных сельскохозяйственных культур по Украине, ц / га

Сельскохозяйственные культуры	Текущие значения	+0,5°С	+1,0°С	+1,5°С	+2,0°С
Зерновые культуры	27,8	27,2	27,5	25,7	26,1
Ячмень	24,0	24,0	22,5	21,4	21,2
Сахарная свекла	227,7	229,0	187,6	179,4	118,5
Подсолнечник	13,6	13,9	12,6	11,7	11,8
Рапс	14,1	13,1	12,8	13,1	13,5
Картофель	120,6	99,9	98,1	96,8	96,0
Овощи	154,9	144,6	149,1	141,7	151,1
Плоды и ягоды	53,5	56,1	52,5	57,2	59,6
Виноград	112,8	114,0	119,8	100,2	99,8

Примечание: авторская разработка

Выводы. Как свидетельствуют наши исследования, рост средней температуры воздуха на 0,5°С или 1°С не является угрожающим для аграрного сектора Украины, урожайность некоторых культур даже повысится. Однако при дальнейшем увеличении температуры урожайность будет уменьшаться, что может быть принципиальным. Это определяет необходимость принятия мер противодействия возможным негативным последствиям климатических изменений.

Учитывая важность и одновременно сложность и комплексность развития аграрного сектора экономики Украины, необходима разработка и реализация мер

по смягчению негативных последствий изменения климата. Для этого необходимо объединить усилия правительства, профессиональных и общественных объединений, сельскохозяйственных предприятий и владельцев личных сельских хозяйств. Меры, которые необходимо принять, можно разделить на следующие основные группы:

1. Усиление контроля и уменьшение выбросов углекислого газа (CO_2) в атмосферу. В рамках данного мероприятия необходимо обеспечить сокращение выбросов окиси азота из почвы, уменьшение масштабов вырубки лесов (ведь деревья являются естественными поглотителями CO_2), а также снижение выбросов парниковых газов из систем животноводства через кормление жвачных животных кормом лучшего качества, использование соответствующих кормовых добавок и т.д.

2. Управление водными ресурсами, предусматривающее применение капельного орошения, сбор дождевой воды, хранение и накопление подземных вод, использование сточных вод, создание многофункциональных водохранилищ.

3. Улучшение ситуации в растениеводстве, испытывающем, по прогнозным оценкам, наибольшее влияние в условиях климатических изменений. Необходимо принимать меры к активному внедрению в хозяйственную практику безопасной агромеханической и агрохимической обработки почвы, дозированному внесению минеральных удобрений, обоснованному использованию средств подкормки растений, борьбы с вредителями и т.д. Важна адаптация сортов растений к новым ожидаемым природно-климатическим условиям. Помочь в этом может введение селекционных программ при прямой государственной поддержке (правительственные программы) или стимулирование эффективного функционирования соответствующих профессиональных объединений селекционных подразделений. Весомой задачей является также вывод земель из активного хозяйственного оборота, что позволит изолировать CO_2, выбрасывать меньше парниковых газов, чем при обычной форме обработки сельскохозяйственных земель.

4. Управление землями сельскохозяйственного назначения, в рамках чего должны осуществляться такие меры, как производство большего количества культур на меньшей площади земли, минимальное нарушение почвы в сочетании с экологическим сельским хозяйством, удерживание органических веществ (возврат растительных остатков в почву), управление севооборотами, внедрение мер противодействия эрозии почв, расширение природных экосистем в общей ландшафтной структуре сельскохозяйственных территорий.

5. Улучшения в животноводстве (которое по сравнению с растениеводством меньше пострадает от изменения климата) включает такие меры, как совершенствование управления животноводством и рыболовством, увеличение агробиологического многообразия, управление борьбой с вредителями и болезнями, а также упомянутые изменения системы питания животных.

6. Совершенствование государственного регулирования в части экологической политики, которое предусматривает следующие направления:

– разработка общенациональных климатических программ и мероприятий по их реализации;

– сочетание науки и практики, учет правительством в своей деятельности достижений науки и результатов исследований по поводу изменения климата;

– поддержка и использование результатов климатических исследований, которые осуществляют различные организации;

– увеличение государственных инвестиций в разработку стратегии адаптации и смягчения ожидаемых отрицательных последствий климатических изменений;

– предвидение и мониторинг изменений погоды, раннее предупреждение засух и т.п.;

– контроль над соблюдением экологических норм, в частности создание условий для реализации положений Киотского протокола;

– разработка экологических инициатив через внедрение современной системы экологического менеджмента на уровне

отдельных отечественных сельскохозяйственных предприятий;

– формирование партнерства государственного и частного секторов, расширение сотрудничества между правительственными и научно-исследовательскими учреждениями, средствами массовой информации и сельхозтоваропроизводителями.

7. Организация и активизация общественного движения, которое включало бы такие направления, как создание экологических союзов и организаций, а также профессиональных объединений, деятельность которых была бы направлена на предупреждение негативных последствий климатических изменений, а также формирование института общественной активности, привычек и традиций экологически направленного поведения населения.

Разработка концепции реализации предложенных мероприятий составляет задачу дальнейших научных исследований в этом направлении.

---

[1] The National Snow and Ice Data Center / University of Colorado / Glossary. URL: http://nsidc.org/arcticmet/glossary/climate_change.html.

[2] Carbon Dioxide Information Analysis Center / U.S. Department of Energy. URL: http://cdiac.ornl.gov.

[3] Trends in global CO_2 emissions: 2012 report / Jos G.J. Plivier, Greet Janssens-Maenhout, Jeroen A.H.W. Peters. The Hague/Bilthoven: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2012. 40 p.

[4] Закон Украины «Об Общегосударственной программе формирования национальной экологической сети Украины на 2000–2015 годы» от 21.09.2000 № 1989-III. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1989-14.

[5] Закон Украины «Об основных принципах (стратегии) государственной экологической политики Украины на период до 2020 года» от 21.12.2010 № 2818-VI. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2818-17.

[6] Постановление Кабинета Министров «Об утверждении Порядка разработки проектов землеустройства, обеспечивающих эколого-экономическое обоснование севооборота и упорядочение угодий Украины» от 2.11.2011 № 1134. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1134-2011-%D0%BF.

[7] Постановление Кабинета Министров Украины «О климатической программе Украины» от 28.06.1997 № 650. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/650-97-%D0%BF.

[8] Постановление Кабинета Министров Украины «О Межведомственной комиссии по обеспечению выполнения Рамочной конвенции ООН по изменению климата» от 14.04.1999 № 583. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/583-99-%D0%BF.

[9] Сельское хозяйство Украины за 2011 год / под редакцией Н.С. Власенко. К.: Государственная служба статистики Украины, 2012. 376 с.