

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ АНОМАЛИИ КЛИМАТА И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УКРАИНЕ

*Е.Н. Воскресенская, В.Н. Маслова,
Е.В. Дунаевская**

Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: veronika_maslova@mail.ru

* Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр НААНУ,
г. Ялта, пос. Никита

В статье приводятся результаты анализа проявлений Атлантической мультидекадной осцилляции и Тихоокеанской декадной осцилляции в междесятилетних аномалиях урожайности озимой пшеницы в Украине. Показано, что совместный вклад этих колебаний определяет около 30 % изменчивости урожайности в стране.

Введение. Получение новых знаний о закономерностях изменчивости климата необходимо как с теоретической точки зрения, так и для решения прикладных задач. В то же время урожайность зерновых является одним из важнейших параметров социально-экономического развития. Это особенно актуально для Украины, поскольку украинское зерно пользуется значительным спросом на мировом рынке. Развитие теории долгосрочного прогнозирования урожайности зерновых культур является чрезвычайно важным направлением исследований для целей устойчивого развития Украины, особенно в условиях экономического кризиса.

Десятилетняя-междесятилетняя изменчивость урожайности зерновых культур происходит на фоне низкочастотной изменчивости климата. В качестве основных региональных факторов климатической изменчивости были рассмотрены гидрометеорологические характеристики (температура воздуха и осадки), а также параметры синоптических систем в Черноморско-Средиземноморском регионе, полученные и проанализированные, например, в работе [1]. Изменчивость региональных факторов, в свою очередь, моду-

лируется глобальными климатическими сигналами. Как известно из работ [2, 3], такими сигналами на десятилетнем-междесятилетнем масштабе являются Атлантическая мультидекадная и Тихоокеанская декадная осцилляции.

Цель настоящей работы – изучить проявления низкочастотных процессов в системе океан – атмосфера в изменчивости урожайности зерновых в Украине на примере озимой пшеницы.

Описание данных. В работе были использованы следующие данные:

– частота и глубина циклонов и антициклонов (1948 – 2006 гг.) в Украине, рассчитанные на основе данных реанализа NCEP/NCAR;

– стационарные данные по температуре воздуха и осадкам (1990 – 2008 гг.);

– массивы ежегодных данных по урожайности озимой пшеницы в регионах Украины (1945 – 2008 гг.);

– массивы среднемесячных индексов Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО) и Тихоокеанской декадной осцилляции (ТДО) (1990 – 2008 гг.).

Указанные ряды были исследованы стандартными методами математической статистики – с помощью корреляционного, регрессионного и композитного анализа. При этом были выбраны наиболее репрезентативные регионы по урожайности озимой пшеницы для каждой из трех агроклиматических зон Украины: степи (Херсонская обл.), лесостепи (Винницкая обл.) и полесья (Житомирская обл.).

Результаты и обсуждение. Лесостепь характеризуется наиболее благоприятным для зерновых соотношением тепла и влаги. Полесье отличается условиями избыточного увлажнения и недостатком высоких температур для зерновых, а степь, напротив, – благоприятными температурами и недостатком влаги. Тем не менее, недостаточное увлажнение в степи компенсируется с помощью орошения. Анализ временных рядов урожайности озимой пшеницы для каждого из выбранных регионов показал, что наблюдаемые величины урожайности согласуются с описанной выше закономерностью. Наиболее высокая урожайность наблюдается в лесостепной зоне, наиболее низкая – в по-

лесье. Урожайность в степной зоне близка к средней урожайности озимой пшеницы в Украине. При этом следует отметить, что урожайность озимой пшеницы отличается изменчивостью как межгодового, так и междесятилетнего масштаба.

Анализ множественной линейной регрессии временных рядов урожайности озимой пшеницы в среднем по Украине с учетом температуры воздуха и осадков в качестве независимых факторов показал, что их совместное влияние обуславливает 80 – 90 % изменчивости урожайности. Аналогичный анализ с учетом параметров циклонов и антициклонов в качестве независимых факторов показал, что около 90 % изменчивости урожайности обусловлено глубиной циклонов и частотой антициклонов.

Эти результаты о влиянии региональных факторов (температуры воздуха и осадков) и параметров синоптических систем (циклонов и антициклонов) может быть объяснен в терминах обратных связей. Но возникает вопрос – каковы причины формирования и изменчивости этих региональных гидрометеорологических аномалий?

Для ответа на этот вопрос отметим, что на сегодняшний день основными глобальными климатическими сигналами десятилетнего-междесятилетнего масштаба являются Атлантическая мультидекадная и Тихоокеанская декадная осцилляции.

Атлантическая мультидекадная осцилляция представляет собой квазипериодический режим изменчивости климатической системы Северной Атлантики с характерным периодом около 65 – 70 лет. В течение рассматриваемого в работе временного диапазона положительная фаза АМО наблюдалась в 1945 – 1964 гг. и 1997 – 2008 гг., а отрицательная фаза – в 1965 – 1996 гг. Индекс АМО рассчитывается по аномалиям поверхностной температуры океана.

Тихоокеанская декадная осцилляция напоминает АМО, но имеет больший пространственный масштаб, так как является режимом изменчивости северной части Тихого океана, и меньший характерный период – 20 – 30 лет. В изменчивости ТДО также наблюдается период около 60 лет.

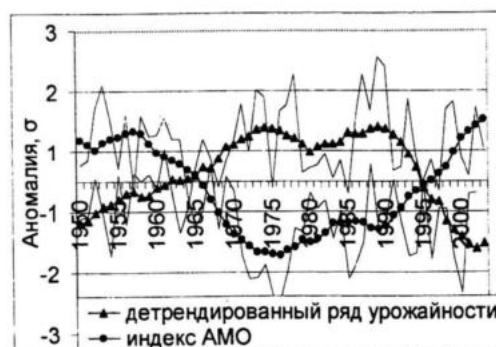
Так, в 1945 – 1976 гг. это колебание находилось преимущественно в отрицательной фазе, а в 1977 – 2008 гг. – в положительной.

Указанные характерные периоды АМО и ТДО (20 – 30 и 65 – 70 лет) отчетливо прослеживаются в аномалиях урожайности озимой пшеницы в Украине, например на рис. 1, что справедливо и для отдельных агроклиматических зон страны. При этом смена знака аномалий урожайности приурочена к так называемому сдвигу климата, связанному с веками изменчивости АМО и ТДО.

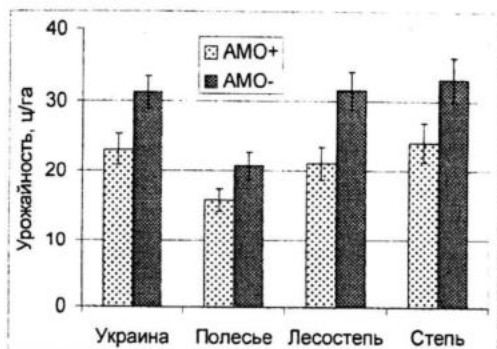
Рассмотрим последовательно индивидуальный вклад АМО и ТДО в изменчивость урожайности озимой пшеницы в Украине, а затем проанализируем их совместное влияние.

Проявления АМО. На рис. 1 приведен пример результатов анализа временных рядов, где показано, что урожайность озимой пшеницы в Украине после удаления линейного тренда изменяется в противофазе с индексом АМО, осредненным за вегетационный период озимой пшеницы с сентября по апрель. Коэффициент корреляции указанных рядов равен $-0,6$.

На рис. 2 показаны результаты сравнения средних многолетних величин урожайности по фазам АМО в среднем по Украине и для отдельных агроклиматических зон. Видно, что урожайность значительно выше во время отрицательной фазы АМО (в 1965 – 1996 гг.), при этом различия составляют 5 – 10 ц/га.



Р и с. 1. Нормированные на с.к.о. (σ) аномалии урожайности озимой пшеницы в среднем по Украине и индекс АМО, сглаженные 11-летним скользящим средним (линии с маркером)



Р и с. 2. Средние многолетние величины урожайности озимой пшеницы в положительную (АМО+) и отрицательную (АМО-) фазы Атлантической мультидекадной осцилляции (диапазон погрешностей соответствует 99 % значимости)



Р и с. 4. Средние многолетние величины урожайности озимой пшеницы в положительную (ТДО+) и отрицательную (ТДО-) фазы Тихоокеанской декадной осцилляции (диапазон погрешностей соответствует 99 % значимости)

Проявления ТДО. Если применить регрессионный анализ к детрендированному ряду средней по Украине урожайности (из рис. 1) с учетом индекса АМО в качестве основного фактора и сравнить полученные остатки с индексом ТДО, то получим, что остаточный линейный тренд урожайности совпадает с трендом индекса ТДО, о чем можно судить из рис. 3.

При этом композитный анализ, результаты которого приведены на рис. 4, показал, что средние многолетние величины урожайности значимо на 10 – 15 ц/га выше в положительную фазу ТДО (1977 – 2008 гг.), чем в отрицательную (1945 – 1976 гг.).

Совместные проявления АМО и ТДО.

Понятно, что эти климатические сигналы не могут действовать изолированно, поэтому в настоящее время все больше исследователей пытаются найти меру их совместного влияния. Например, в настоящей работе предлагается использовать совместный индекс АМО и ТДО в качестве индикатора совместного влияния этих сигналов.

Установлено, что полученный индекс проявляется в междесятилетней изменчивости температуры воздуха и осадков. При этом смена фазы совместного индекса соответствует смене знака аномалий гидрометеорологических параметров.



Р и с. 3. Нормированные на с.к.о. (σ) остатки регрессионного анализа урожайности озимой пшеницы в Украине, сглаженные 11-летним скользящим средним (линия с маркером), с линейным трендом и индекс ТДО, сглаженный аналогичным образом

Следовательно, можно ожидать выраженных проявлений совместного влияния АМО и ТДО в урожайности зерновых.

Действительно, показано, что коэффициент корреляции индекса совместного влияния, осредненного за вегетационный период озимой пшеницы (с сентября по апрель), и исходного ряда урожайности

равен 0,57. В терминах коэффициента детерминации это означает, что совместное влияние АМО и ТДО отвечает приблизительно за 30 % изменчивости урожайности озимой пшеницы. Для наглядности временные ряды, на основе которых был получен данный результат, приведены на рис. 5.



Р и с. 5. Нормированные на с.к.о. (σ) аномалии урожайности озимой пшеницы в среднем по Украине и индекс совместного влияния АМО и ТДО, исходные ряды и сглаженные 11-летним скользящим средним (линии с маркером)

Заключение. В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– показано, что смена знака аномалий урожайности озимой пшеницы в Украине приурочена к глобальному климатическому сдвигу, связанному с изменчивостью АМО и ТДО;

– средние многолетние величины урожайности озимой пшеницы в Украине увеличиваются на 10 – 15 ц/га в периоды положительной фазы АМО и отрицательной фазы ТДО;

– совместное влияние АМО и ТДО определяет около 30 % изменчивости урожайности озимой пшеницы в Украине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Voskresenskaya E.N., Maslova V.N.* Winter-spring cyclonic variability in the Mediterranean-Black Sea region associated with global processes in the ocean-atmosphere system // *Advances in Science and Research*. – 2011. – 6. – P. 237 – 243.
2. *Enfield D., Mestas-Nunez A.M.* Multiscale variability in global SST and their relationships with tropospheric climate patterns // *J. Clim.* – 1999. – V. 12, № 9. – P. 2719 – 2733.
3. *Kerr R.A.* Atlantic climate pacemaker for millennia past, decades hence? // *Science*. – 2005. – V. 309, № 5731. – P. 41 – 42.