

Дронин Н. М.,
Тельнова Н. О.,
Калуцкова Н. Н.

Анализ многолетних трендов продуктивности агроландшафтов юга Восточной Европы по материалам дистанционного зондирования⁶

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва
e-mail: ndronin@gmail.com, maantiede@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено совокупное влияние региональных изменений климата и антропогенного фактора (изменений политики в области аграрного сектора и динамики структуры землепользования) – на биологическую продуктивность степных и лесостепных экосистем Восточной Европы в течение трех десятилетних периодов: в 1980-е, 1990-е и 2000-е годы. В контексте изменений климата и аграрных реформ обсуждаются результаты пространственного анализа распределения десятилетних трендов суммарных годовых значений вегетационного индекса NDVI, полученных по данным низкого и относительно высокого пространственного разрешения, как индикатора ежегодной биологической продуктивности в пределах различных зональных типов ландшафтов региона исследования.

Ключевые слова: изменения климата, сельскохозяйственная политика, вегетационный индекс NDVI, тренды биологической продуктивности.

Введение

Южная часть Восточной Европы, расположенная преимущественно в пределах степной и лесостепной ландшафтных зон, является основным зернопроизводящим регионом Европы и характеризуется интенсивной сельскохозяйственной деятельностью. Погодные условия сельскохозяйственного производства в степи и лесостепи отличаются неустойчивостью, в основном, обусловленной значительными межгодовыми и внутригодовыми колебаниями количества осадков. Соответственно, основными факторами динамики продуктивности экосистем, в частности, преобладающих здесь агроландшафтов, выступают изменения в структуре использования земель и изменения погодных условий. За последние три десятилетия во всех государствах на территории бывшего СССР произошли кардинальные трансформации структуры землепользования, связанные с переходом от плановой к рыночной экономике. Изменения погодных условий связывают с глобальным потеплением климата, однако, современные трансформации климата и тенденции изменения климатической урожайности зерновых имеют в значительной части неопределенный характер и скорее разнонаправлены в пределах региона [1]. В настоящее время многочисленные публикуемые выводы о текущих изменениях региональных климатов этого региона и их воздействии на динамику и функционирование наземных экосистем основаны на достаточно разнокачественных и разномасштабных фактических данных и оценках. Сопоставимость результатов для разных районов степной и лесостепной зон Восточной Европы может быть обеспечена только при использовании в качестве единой пространственной и информационной основы фонда цифровых данных дистанционного зондирования Земли низкого и среднего пространственного разрешения. В международной практике для исследования многолетней динамики продуктивности наземных экосистем семиаридных регионов по данным дистанционного зондирования широко используются временные серии различных вегетационных индексов, в частности, нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI [2,3]. Многолетние изменения значений индекса, урожайности и биологической продуктивности могут определяться как изменениями климата, так и влиянием антропогенного фактора. Последний может выражаться через агротехнический прогресс, обеспечивающий постоянный прирост урожайности сельскохозяйственных культур, или различными факторами меньшей длительности, связанными с политической или экономической ситуацией в стране. В связи с этим основная задача настоящей работы заключается в анализе выявленных по материалам дистанционного зондирования трендов биологической продуктивности агроэкосистем по трем периодам, резко выделяющимся по разновекторным приоритетам сельскохозяйственной политики, радикальным трансформациям структуры использования земель и специфике климатических условий. Так, позднесоветский период 1980-х годов характеризуется значительными инвестициями в сельское хозяйство вкупе с благоприятными с точки зрения сельскохозяйственного производства климатическими условиями со второй половины десятилетия: Экономический кризис и весьма неблагоприятные погодные условия отличают 1990-е годы. В первую половину 2000-х гг. климат был главным фактором позитивной динамики сельскохозяйственного производства, а после 2006-2007 гг. таким фактором стало и постепенное восстановление сельского

⁶ Работа выполнена по проекту Российского фонда фундаментальных исследований №12-05-00804-а.

хозяйства в странах Восточной Европы. Использование материалов дистанционного зондирования позволяет выяснить, каким оказался реальный вклад этих двух факторов в динамику продуктивности агроландшафтов степи и лесостепи Восточной Европы.

Материалы и методы

Показатель суммарных годовых значений NDVI рассматривается нами как основной интегральный индикатор, отражающий межгодовую многолетнюю динамику наземной зеленой фитомассы, надежно сопоставимый с ежегодной биологической продуктивностью растительных сообществ [2,3]. Важным преимуществом этого параметра является его независимость от различий в продолжительности вегетационного периода и длительности фенологических фаз наземной растительности, что позволяет получать сопоставимые результаты в пределах обширных регионов [2].

В качестве исходных данных для макрорегионального анализа динамики биологической продуктивности агроландшафтов юга европейской части России, Украины и Молдовы использовались временные ряды данных NDVI GIMMS, полученных на основе спутниковых данных низкого разрешения NOAA AVHRR, открыто распространяемые через Интернет в виде 15-дневных композитов максимальных значений NDVI [4]. Этот набор данных, имеющих пространственное разрешение 8 км, представляет собой наиболее продолжительную и непрерывную временную серию значений NDVI (за период 1982-2006 гг.) и традиционно используется для глобального и макрорегионального пространственно-временного анализа биологической продуктивности наземных экосистем семиаридных регионов [5]. Для изучения динамики биологической продуктивности за период 2000-2013 гг. привлекались материалы дистанционного зондирования среднего разрешения MOD13A3 со спутника Terra/MODIS, представляющие собой ежемесячные композиты максимальных значений NDVI с пространственным разрешением 1 км [6]. Сопоставимость результатов о динамике значений вегетационного индекса на протяжении 30 лет, полученных по данным различного пространственного разрешения и с разных съемочных систем, определяется тем, что для их получения использованы не абсолютные значения NDVI, а рассчитанные по многолетним временным сериям параметры трендовых моделей.

Для анализа временных серий данных суммарного годового NDVI использовались методы непараметрической статистики. Наиболее адекватно и надежно динамику значений NDVI описывает медианный непараметрический тренд, рекомендуемый для анализа относительно коротких и «зашумленных» временных рядов [7]. Для проверки гипотезы о наличии устойчивого тренда использовался также непараметрический тест Манна-Кендалла [8]. С использованием методов статистического анализа временных серий и алгоритмов пространственного анализа растровых данных для каждой ячейки регулярной сети определены параметры медианного тренда и результаты непараметрического теста Манна-Кендалла – показателя надежности присутствия позитивного или негативного тренда. По этому критерию все ячейки классифицированы по пяти категориям: устойчивый позитивный тренд; значимый позитивный тренд; отсутствие значимых трендов в динамике суммарного годового NDVI; значимый негативный тренд; устойчивый негативный тренд. Полученные пространственные данные о направленности изменений суммарных годовых значений NDVI были далее подразделены по различным типам земельных угодий. В результате обобщенной переклассификации исходных геопрограммных данных о распределении типов земельных угодий [9] нами получены картосхемы распределения пахотных и естественных кормовых угодий в пределах исследуемого региона. Количественный анализ пространственных закономерностей проявления позитивных и негативных трендов значений суммарных годовых значений NDVI пахотных и естественных кормовых угодий за десятилетние периоды проводился по различным зональным типам ландшафтов степной и лесостепной зон (рис. 1).

Результаты и обсуждение

Полученные в ходе пространственно-временного анализа распределения десятилетних трендов суммарных годовых значений NDVI результаты целесообразно рассматривать и верифицировать совместно с изучением соотношения в пределах каждого десятилетия вкладов климатических и антропогенных факторов в динамику сельскохозяйственного производства и продуктивности агроценозов. Каждое из рассматриваемых десятилетий определяется различными соотношениями этих двух факторов, характеризуется специфическим набором приоритетов сельскохозяйственной политики и четко выраженными особенностями погодных условий, лимитирующих сельскохозяйственное производство.

Период с 1982 по 1990 гг. Специфика сельскохозяйственной политики и климатических условий «позднесоветского» десятилетия (1982-1990 гг.) заключалась в следующем. В течение всего периода советское правительство инвестировало значительные бюджетные средства в аграрный сектор (33-35% бюджета страны в начале 1980-х гг.).

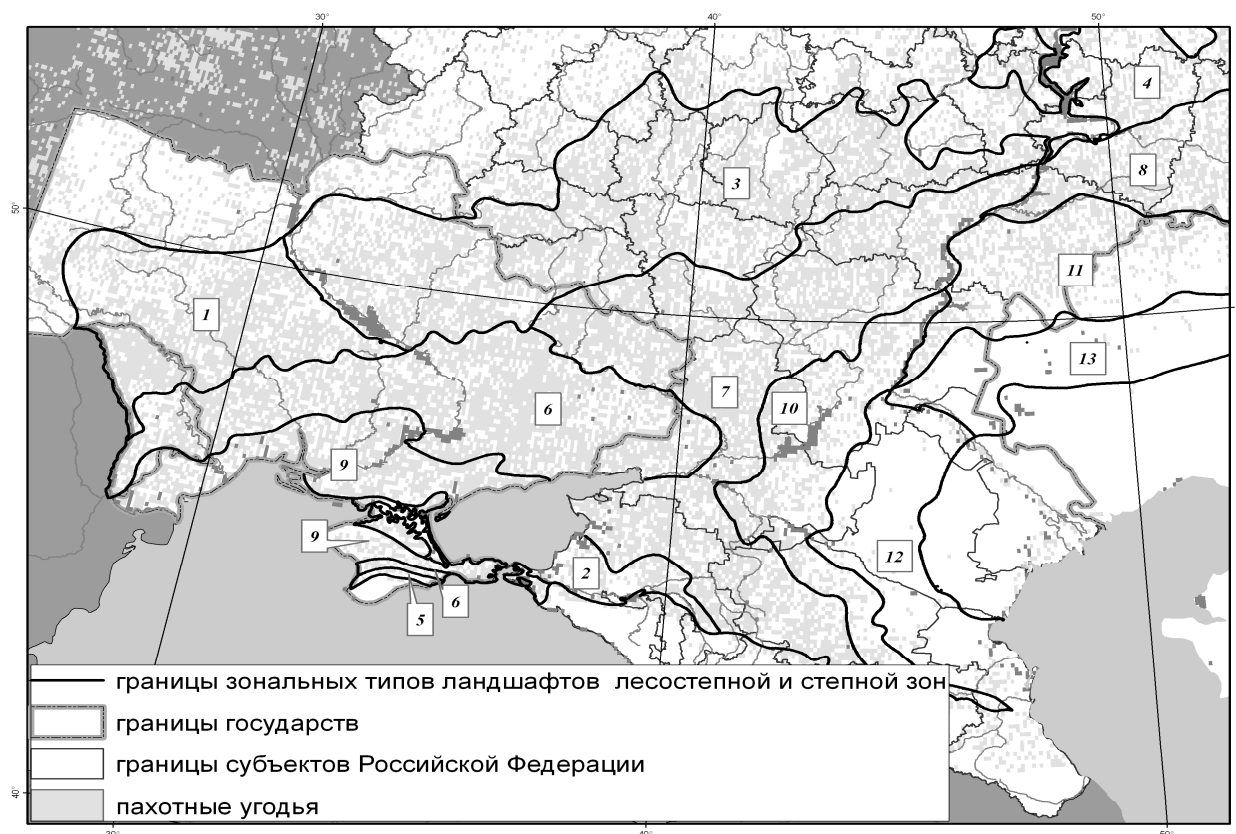


Рис. 1. Зональные типы ландшафтов степной и лесостепной зон Восточной Европы [по 10, с изменениями]. Лесостепные ландшафты 1 – днепровско-днестровские; 2- крымско-кавказские; 3 – днепровско-приволжские; 4 – заволжские; 5 южная полоса крымско-кавказских лесостепей. Ландшафты подзоны северных степей: 6 – западнопричерноморские; 7 – восточнопричерноморские; 8 – волго-уральские. Сухостепные ландшафты: 9 – причерноморские; 10 – донско-волжские; 11- заволжско-казахстанские. Ландшафты подзоны опустыненных степей: 12 – прикаспийские; 13 - заволжско западноказахстанские.

Кроме того, в этот период были разработаны и приняты три долговременные программы: по развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР, созданию территориальных агроиндустриальных комплексов и улучшению продовольственного обеспечения в СССР (Продовольственная программа СССР, 1982-1990). Однако, экономический эффект этих масштабных и амбициозных проектов, ориентированных в значительной степени на расширение площади сельскохозяйственных земель, в частности, орошаемых пашен, оказался незначительным. Так, в 1985 г. и в 1989 г. урожай зерновых в СССР оставался примерно на уровне 1980 г. – 192 млн. т. Страна, чтобы избежать рецессии в животноводстве, вынуждена была импортировать колоссальное количество зерна.

Климатические условия были неоднородны в пределах десятилетия, и оказали более заметное влияние на динамику урожайности и продуктивность экосистем. Масштабные засухи в 1981 и 1984 гг. привели к крупным неурожаям зерновых, а в 1980 и 1982 гг. дождливая и холодная погода, продержавшаяся в течение всего летнего сезона, способствовала существенному снижению урожайности. Вторая половина десятилетия характеризовалась более благоприятными и стабильными климатическими условиями. Так, 1989 и 1990 гг., были самыми теплыми в 20 веке. Не случилось ни одной большой засухи. Но в этот период не было и очень благоприятных погодных условий. Тем не менее один только климатический фактор не может полностью объяснить рост урожайности сельскохозяйственных культур в период 1986–1990 гг. [11]. Вероятно, долгосрочные аграрные программы, запущенные в середине 1970-х и начале 1980-х гг., оказали положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур во второй половине 1980-х гг.

Неблагоприятные климатические условия в первой половине 1980-х гг. и улучшение погоды во второй половине 1980-х гг. в комбинации со значительными инвестициями в сельское хозяйство и доминирующими приоритетами сельскохозяйственной политики, направленными на расширение площади сельскохозяйственных земель, могут объяснить преобладание положительных трендов продуктивности пахотных и пастбищных угодий для всей территории степи и лесостепи Восточной Европы, выявленное нами на основе суммарных годовых значений NDVI. В пределах всех ландшафтных подзон степи и лесостепи отмечены позитивные тренды суммарных годовых значений NDVI для 4/5 пахотных угодий (рис. 2).

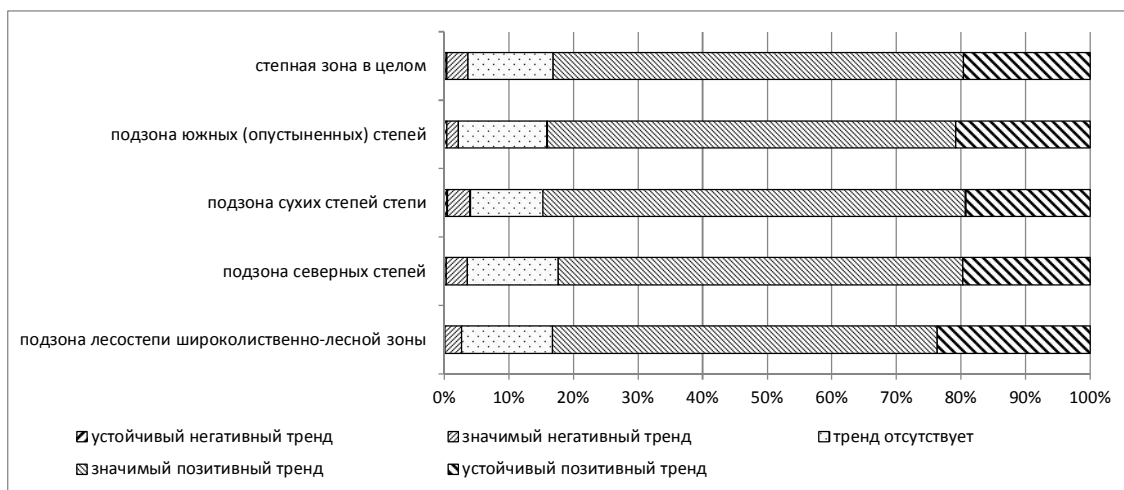


Рис. 2. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах ландшафтных зон и подзон юга Восточной Европы за период 1982-1990 гг.(рассчитано по данным NOAAVHRR).

Наиболее устойчивые тренды «позеленения», т.е. увеличения продуктивности сельскохозяйственных угодий, отмечаются для пахотных угодий в пределах восточноевропейских лесостепей и подзоны опустыненных степей, что может скорее объясняться эффектом от реализации основных сельскохозяйственных программ того времени. В распределении трендов суммарных годовых значений NDVI в пределах различных зональных типов степных и лесостепных ландшафтов в 1980-е гг. отличают следующие особенности: с запада на восток доля пахотных угодий, испытывающих тенденцию к увеличению продуктивности, увеличивается в пределах лесостепи и всех подзон степной зоны. Единственным исключением являются предгорные лесостепи Западного Кавказа, в пределах которых до 30% сельскохозяйственных угодий за рассматриваемый период имеет тенденцию к снижению биологической продуктивности (рис.3).

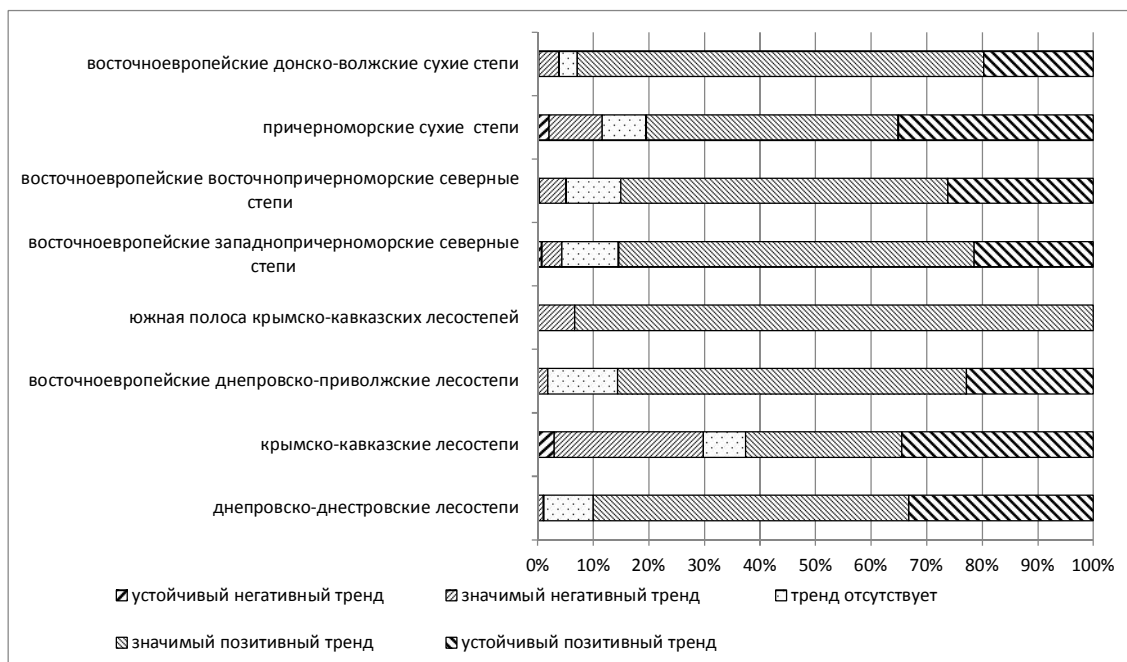


Рис. 3. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах различных зональных типов ландшафтов юга Украины и Европейской части России за период 1982-1990(рассчитано по данным NOAAVHRR).

Период с 1991 по 1999 гг. В 1990-е годы после распада Советского Союза Россия, Украина и Казахстан испытывали сходные проблемы в ходе проведения аграрных рыночных реформ. Эти реформы были нацелены на передачу сельскохозяйственных земель от государства в собственность граждан; реструктуризацию колхозов и совхозов ина образование небольших фермерских хозяйствсемейного типа. Однако, реструктуризация в сельском хозяйствепротекала слишком

медленно. К концу 1995 г. в России было создано 280 тысяч частных фермерских хозяйств, в распоряжении которых находилось только 5% пахотных угодий. Преобладали сельскохозяйственные кооперативы – бывшие колхозные предприятия. По данным опроса управленцев больших коллективных хозяйств, проведенного Институтом Аграрного Развития (RuralDevelopmentInstitute) в конце 1990-х г., реальных изменений в деятельности таких хозяйств по сравнению с советским периодом не произошло [12].

В условиях России и других бывших советских республик либерализация рынков привела к нужному росту цен на продовольствие, если сравнивать их с ценами на топливо, удобрения, сельскохозяйственную технику и другие ресурсы, необходимые для производства сельскохозяйственной продукции [13]. Рост цен на продовольствие прежде всего сдерживался низкой покупательной способностью населения. Такой «перекося» цен на выходную продукцию и составляющие сельскохозяйственного производства привели к низкой доходности сельского хозяйства и, соответственно, к его глубокому кризису [14].

В результате противоречивых реформ в аграрном секторе к концу 1990-х гг. производство зерна в Российской Федерации упало на 30%, мясной продукции – на 55% (с 10,1 млн т в 1990 г. до 4,4 млн т в 1999 г.), при этом импорт сельскохозяйственной продукции сократился на 50% [15]. Произошло значительное сокращение площадей под зерновыми: с 65 млн га в 1987–1990 гг. до 50 млн га в 1996–2000 гг. [16]. По мнению экспертов Всемирного банка, причиной является кризис, но не изменение погодных условий [17].

В климатическом отношении период 1990-х гг. характеризовался частыми и сильными засухами, затронувшими ключевые сельскохозяйственные регионы в 1991, 1995, 1998 и 1999 гг. [18]. Рекордно теплым и самым засушливым был 1998 г. Засуха 1998 г. охватила Северный Кавказ, Поволжье и юг Урала. Погибло огромное количество зерновых культур – при доле зерновых в посевных площадях в 66% (яровых 48% и озимых 18%) их доля в валовом сборе составила всего 21% (яровых 12% и озимых 9%), т.е. в 3,14 раза меньше, чем доля в посевных площадях [19]. В 1998 г. валовой сбор зерна в целом по России оказался почти в 2 раза меньше, чем в нормальные по климатическим условиям годы. В следующем 1999 г. урожай составил 54 млн т – снова значительно ниже внутренних потребностей России (около 70 млн т). В 1999 г. в целом по России засушливая погода охватила даже больше областей, чем 1998 г. Аномально засушливые условия возникли на территории Европейской России в июне. Температура впервые за 120 лет оказалась выше нормы на 5°C, осадков выпало не более 20% от нормы. Условия для формирования урожаев были также крайне неблагоприятными.

Статистические модели [11] показывают, что в период 1991–1999 гг. корреляция между погодными условиями и урожайностью зерновых в России была пониженной по сравнению с 1980-ми гг. Основная причина – экономический кризис в 1990-е гг. В то же время погодные условия были крайне неблагоприятными, и сами по себе могли снизить среднюю урожайность в это десятилетие. Таким образом, и антропогенный, и климатический факторы обуславливают преобладание в 1990-е гг. отрицательных трендов биологической продуктивности агроландшафтов юга Восточной Европы (рис. 4).

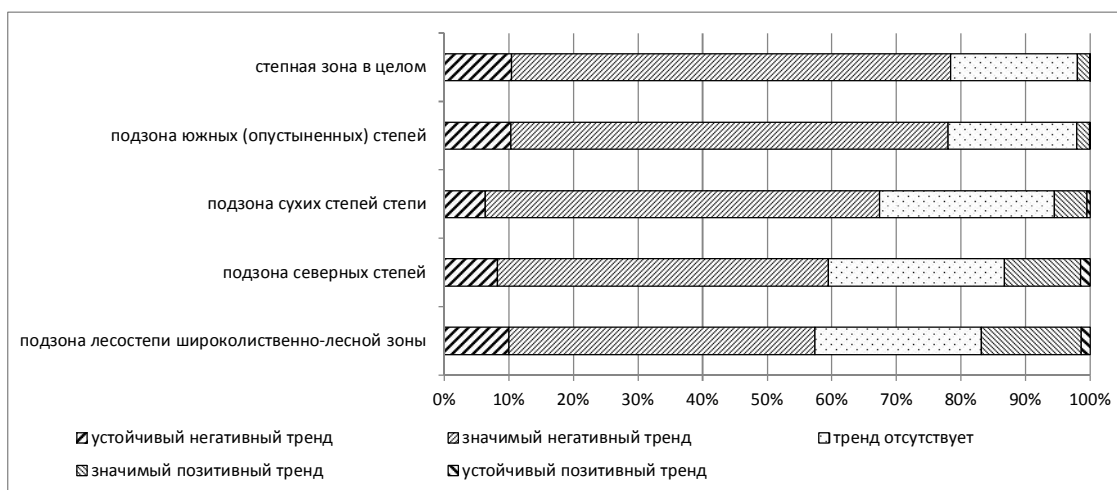


Рис. 4. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах ландшафтных зон и подзон юга Восточной Европы за период 1991-1999 (рассчитано по данным NOAAVHRR).

Пространственные закономерности распределения направленности изменений суммарных годовых значений NDVI обратны закономерностям проявления трендов за предыдущее

десятилетие. В частности, в пределах всех ландшафтных зон и подзон абсолютно преобладают пахотные угодья с понижавшейся в течение десятилетия биологической продуктивностью. Доля таких угодий минимальна в пределах лесостепи, где составляет 57% и постепенно возрастает с севера на юг, достигая в пределах подзоны опустыненных степей 78%. В этом же направлении резко сокращается доля пахотных земель, характеризовавшихся ростом продуктивности. Те же закономерности отмечаются и для естественных кормовых угодий, что указывает на весьма высокую роль климатического фактора в характер динамики значений NDVI, но отчасти может объясняться и отсутствием контроля за пастбищными нагрузками в пореформенный период 1990-х годов. Преобладающая роль именно климатического фактора в снижении биологической продуктивности сельскохозяйственных угодий подчеркивается и особенностями распределения трендов различной направленности по зональным типам ландшафтов: в пределах каждой ландшафтной подзоны доля пахотных угодий с негативными трендами суммарных годовых значений NDVI резко увеличивается с запада на восток в направлении увеличения степени континентальности климата. Так, в пределах подзоны сухих степей ландшафты причерноморских сухих степей вмещают в себя всего 16% пахотных угодий со снижением продуктивности, а в пределах донско-волжских степных ландшафтов с несколько большей степенью континентальности климата эта доля достигает уже 72%. В то же время для сельскохозяйственных угодий в пределах предгорных лесостепей Крыма отмечается аномальное преобладание положительных трендов биологической продуктивности (рис. 5).

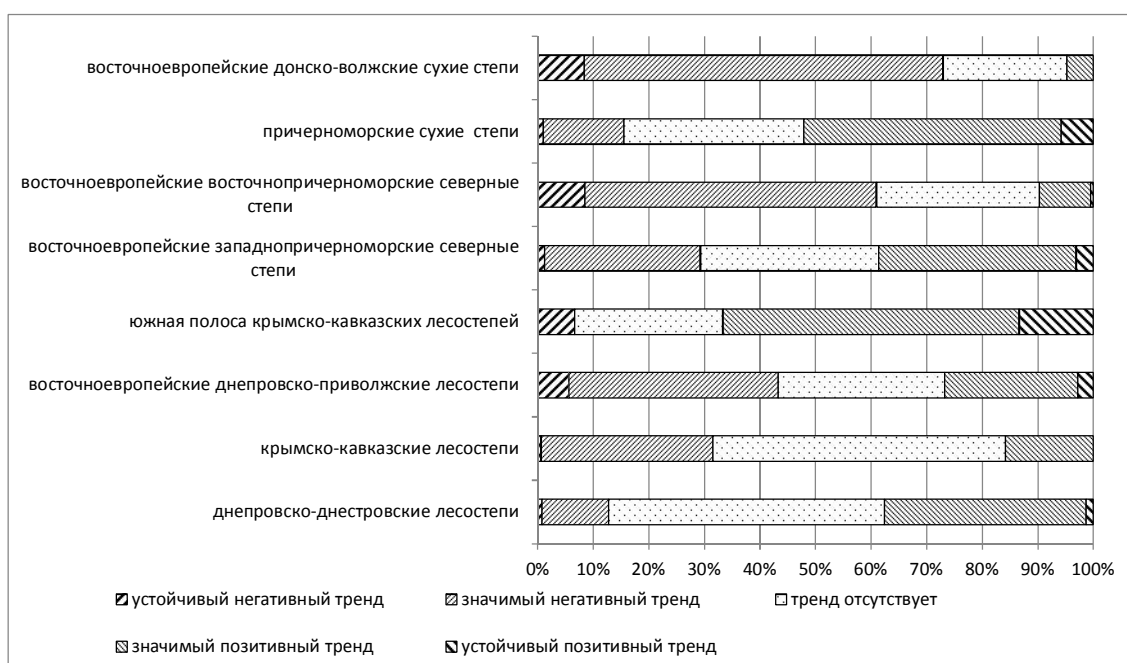


Рис. 5. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах различных зональных типов ландшафтов юга Украины и Европейской части России за период 1991-1999 (рассчитано по данным NOAAVHRR).

Период с 2000 по 2013 гг. С 2000 г. в России и сопредельных странах наблюдается устойчивая положительная динамика урожаев. По мнению некоторых экспертов, 2000 год был точкой перелома, когда российское сельское хозяйство стало выходить из кризиса [20]. Восстановление сельского хозяйства в России не было связано с расширением посевных площадей под зерновыми. Напротив, посевные площади под зерновыми продолжали сокращаться и в 2000-е гг.: с 50 млн га в 1996–2000 гг. до 45 млн га в 2001–2008 гг. При рекордно высоких ценах на зерно на мировом рынке в 2008 г. (цены на пшеницу достигали \$400-450 за 1 т) из-за глобального продовольственного кризиса, площади по зерновым в России увеличились только на 5%. Главным фактором прогресса являлся рост урожайности зерновых после 1990-х гг.: средняя урожайность зерновых в России в 2001–2008 гг. составляла 18,3 ц/га, а в 1996–2000 г. – 13,0 ц/га.

При этом основными производителями зерна остаются неэффективные сельскохозяйственные кооперативы, представляющие собой слабо реформированные колхозные и совхозные хозяйства [21]. Однако, в отрасли появились и новые сельскохозяйственные структуры – крупные вертикально структурированные предприятия, которые принесли большие инвестиции, новые технологии и современные методы управления бизнесом в отрасль [16]. Появление агрохолдингов следует относить к самому концу 1990-х гг., когда некоторые банки и нефтяные компании и др. структуры стали интересоваться инвестициями в производство продовольствия, прежде всего, в степной и

лесостепных регионах России [22]. Восстановление сельскохозяйственного производства на Украине с начала 2000-х гг. также связывают с появлением в секторе агрохолдингов.

Во второй половине 2000-х гг. увеличилась и государственная поддержка сельского хозяйства. В 2001 г. государственная поддержка аграрного сектора в России восстановилась до 30% консолидированного бюджета. Основные программы поддержки включали прямые доплаты (субсидии) за продукцию (главным образом, животноводства), установление минимальных гарантированных цен, субсидии фермерским и кооперативным хозяйствам на закупку удобрений, топлива, семян и внедрение различных кредитных схем. С 2005 г. по 2007 г. государственная поддержка сельского хозяйства выросла на 87% в номинальном и на 52% в реальном исчислении (с учетом инфляции) [16]. Использование минеральных удобрений в России выросло в 2 раза с 1999 г. В настоящее время объёмы вносимых на поля минеральных удобрений остаются намного ниже, чем в советский период [23], хотя, по мнению некоторых экспертов советские нормы были завышенными [24]. Проблема обновления парка сельскохозяйственной техники остается не решенной ни в России, ни в Украине. Это падение в обеспеченности сельхозпредприятий техникой не было преодолено даже в относительно благоприятный период 2006–2011 гг. [25].

В 2000-х гг. тенденция к потеплению климата проявилась в наибольшей степени. Это было самое теплое десятилетие и в глобальном масштабе. Для степи и лесостепи регионов Восточной Европы общими особенностями погодных условий на протяжении рассматриваемого десятилетия явились аномально теплые зимы, жаркие весенне-летние сезоны с неравномерными, часто обильными ливневыми осадками. Не наблюдалось обширных засух, а урожаи зерновых были выше и стабильнее, чем в 1990-х гг. Но десятилетие завершилась самой масштабной засухой за весь период метеорологических наблюдений в России. В целом из-за аномальной жары и засухи, наблюдавшихся в 2010 году, в наибольшей степени пострадали 42 субъекта Российской Федерации. Гибель сельскохозяйственных культур произошла на площади более 13 млн/ га, что составляет около 30% от площади посевов в этих субъектах. Наиболее сильно пострадали районы, где атмосферная засуха сочеталась с почвенной. Средняя урожайность зерновых культур в этих субъектах даже на площадях, оставшихся для уборки, составила всего 6,0-8,0 ц/га [18]. Валовое производство зерна в стране было самым низким за десятилетие – 61,0 млн т.

Согласно статистическим моделям [11], погодные условия в 2000–2005 гг. обеспечили позитивную динамику урожайности и скрыли продолжающийся кризис в сельском хозяйстве, вызванный неудачными реформами. Можно согласиться с рядом экспертов, что скорее погодный фактор обеспечил перелом в динамике урожайности после 2000 г. [16]. При этом урожайность достигла трендовых (исторически нормальных) значений после падения урожайности в 1990-е гг. но не превысила их. В целом корреляция между изменением продуктивности и метеорологическими параметрами может быть высокой, так как климат был главным фактором положительной динамики сельскохозяйственного производства в первую половину 2000-х гг. Таким образом, период 2000-2006 должен был характеризоваться положительной динамикой биопродуктивности, но, согласно результатам проведенного анализа и картографирования направленности трендов суммарного годового NDVI, столь же четких, как в ранее рассмотренные периоды, пространственных закономерностей не прослеживается. Так, сельскохозяйственные угодья в пределах лесостепи в основном (45%) демонстрируют тенденцию к росту продуктивности, тогда как в пределах степной зоны существенно возрастает доля сельскохозяйственных земель с устойчивым снижением продуктивности (до 72% в пределах опустыненных степей). С запада на восток в пределах зональных типов ландшафтов наблюдается небольшое увеличение доли сельскохозяйственных угодий, испытывающих снижение биологической продуктивности. Стоит отметить равномерное распределение пахотных угодий с разнонаправленными тенденциями изменений биологической продуктивности в пределах ряда лесостепных и сухостепных ландшафтов, а также довольно высокую долю угодий, в пределах которых статистически значимые тренды изменения биологической продуктивности за период 2000-2006 гг. не выражены вообще (рис. 6).

Восстановление российского сельскохозяйственного производства началось только после 2006-2007 гг. [11], когда вклад политического фактора стал положительным. На данный исторический интервал можно было бы ожидать более выраженную положительную динамику биопродуктивности пахотных и пастбищных угодий степной и лесостепной зон. На это указывает, в частности, выявленное нами абсолютное преобладание существенных положительных аномалий суммарных годовых значений NDVI на юге Восточной Европы в 2007 и 2008 гг. от среднедолгосрочных значений за период 2000-2013 гг., но масштабная засуха 2010 г. и проявившаяся на юге Украины засуха 2012 г. в значительной степени исказили эту картину.

Для периода 2001-2013 гг. характер распределения трендов суммарных годовых значений NDVI в пределах различных зональных типов ландшафтов имеет следующие особенности: доля сельскохозяйственных угодий, характеризующимися устойчивыми и значимыми негативными трендами суммарных годовых значений NDVI резко возрастает в пределах всех зональных типов ландшафтов, ландшафтных зон и подзон по сравнению с периодом 2000-2006 гг.; сохраняется тенденция повышения доли пахотных угодий с негативными трендами биопродуктивности в

направлении увеличения континентальности климата, но, по сравнению с периодом 1991-1999 г. тенденция к преобладанию негативных трендов биопродуктивности на сельскохозяйственных угодьях при продвижении от лесостепей к опустыненным степям не выражена.

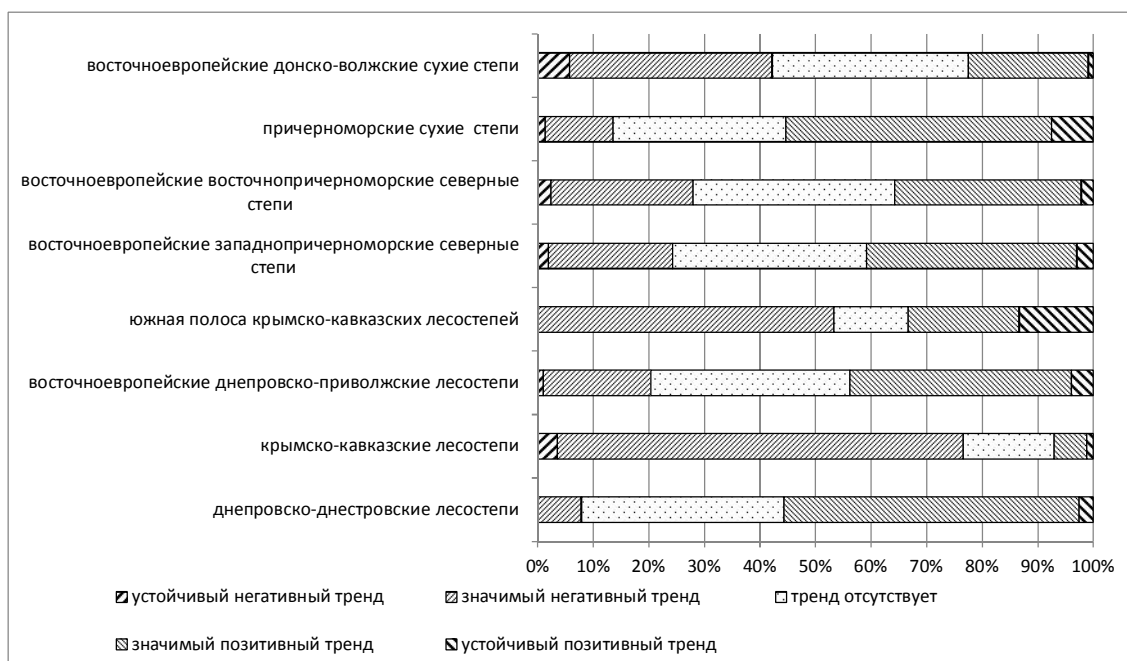


Рис. 6. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах различных зональных типов ландшафтов юга Украины и Европейской части России за период 2000-2006(рассчитано по данным NOAAVHRRи TerraMODIS).

Интересен характер изменения биологической продуктивности пахотных угодий в пределах предгорных лесостепей Западного Кавказа: если с 2000 г. по 2006 г. здесь абсолютно преобладала негативная динамика биологической продуктивности сельскохозяйственных угодий (77%), что было нехарактерно для всех других зональных типов ландшафтов, то в период 2000-2013 гг. эта доля снизилась до 60% и оказалось сопоставима с прочими лесостепными регионами (рис. 7).

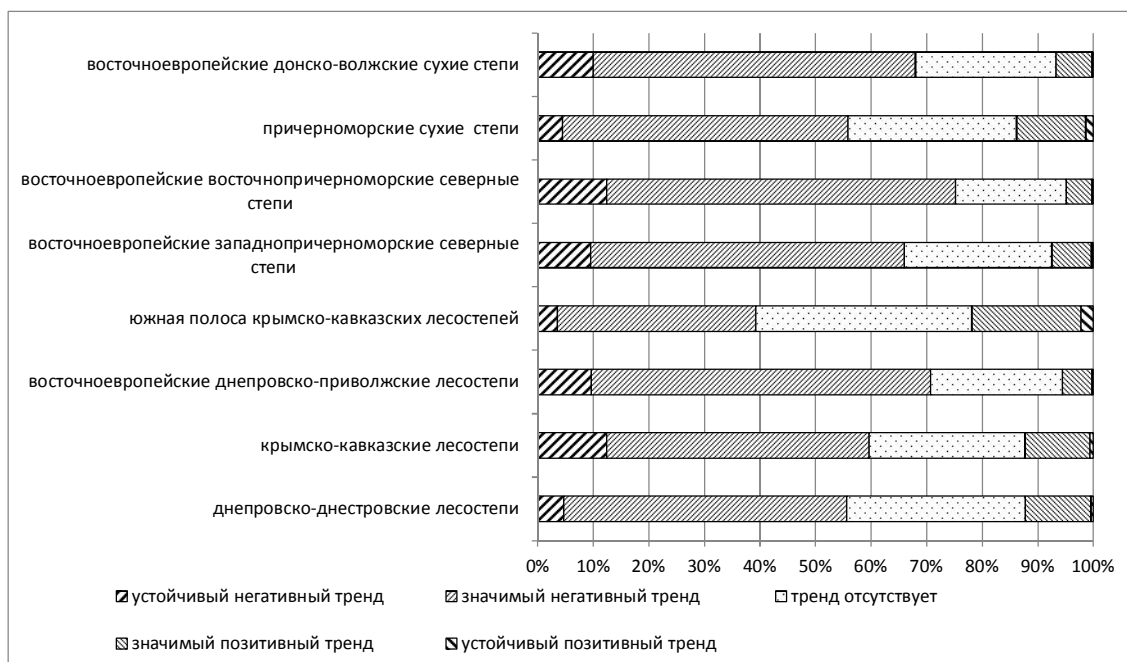


Рис. 7. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах различных зональных типов ландшафтов юга Украины и Европейской части России за период 2000-2013(рассчитано по данным TerraMODIS).

Выводы

Проанализированные нами особенности взаимосвязей в системе «климат – сельскохозяйственная политика – биологическая продуктивность агроландшафтов» в течение трех десятилетних периодов развития сельского хозяйства на юге Восточной Европы свидетельствуют об одновекторных воздействиях климатического и антропогенного фактора на динамику биологической продуктивности в пределах сельскохозяйственных угодий степи и лесостепи – позитивных в 1980-е гг. и негативных в 1990-е гг. Однако, с начала 21 века существует неопределенность в направленности воздействия этих агротехнического и климатического факторов. В этот период данные дистанционного зондирования не фиксируют преобладание трендов биологической продуктивности сельскохозяйственных угодий, имеющих четкую направленность или высокий уровень значимости. В этом отношении 2000-е гг. заметно отличаются от 1980-х гг., когда в пределах всего региона наблюдалась отчетливая положительная динамика продуктивности сельскохозяйственных угодий. Полученные результаты противоречат многочисленным оптимистичным публикациям в прессе и официальным заявлениям о быстром восстановлении сельскохозяйственного производства в России и в Украине. Вероятно, улучшение сельского хозяйства происходит, но носит пока неустойчивый характер и охватывает в основном хозяйства, принадлежащие агрохолдингам.

Работа выполнена по проекту Российского фонда фундаментальных исследований №12-05-00804-а.

Литература

1. Dronin N. Climate change, food stress, and security in Russia / N. Dronin, A. Kirilenko // *Regional Environmental Change*. – 2011. – No 11. – 167-178.
2. Proxy global assessment of land degradation / Z. G. Bai, D. L. Dent, L. Olsson, M. E. Schaepman // *Soil Use and Management*. – 2008. – No 24. – 223-234.
3. Greenness in semi-arid areas across the globe 1981-2007 - an Earth Observing Satellite based analysis of trends and drivers / R. Fensholt, K. Rasmussen et al // *Remote sensing of environment*. – 2012. – v. 121. – 124-158.
4. An extended AVHRR 8 km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data / C. Tucker, J. Pinzon, M. Brown, D. Slayback, E. Pak, R. Mahoney, et al. // *International Journal of Remote Sensing*. – 2005. – No 26. – 4485-4498.
5. Global evaluation of four AVHRR-NDVI data sets: Intercomparison and assessment against Landsat imagery / Beck H. E., McVicar T.R., Albert I.J.M. et al // *Remote Sensing of Environment*. – 2011. – No 115. – 2547-2563.
6. MODIS vegetation index USER's guide (MOD13 series) / R. Solano, K. Didan, A. Jacobson, A. Huete // Version 2, may 2010.
7. Seasonal trend analysis of image time series / Eastman J. R., Sangermano F., Ghimire B., Zhu H. L., Chen H., Neeti N., et al. // *International Journal of Remote Sensing*. – 2009. – No 30. – 2721-2726.
8. Hoaglin D. C. Understanding robust and exploratory data analysis / D. C. Hoaglin, F. Mosteller, J. W. Tukey – New York: Wiley, 2000.
9. Карта наземных экосистем Северной Евразии по данным SPOT-Vegetation / С. А. Барталев, А. С. Белвард, Д. В. Ершов, А. С. Исаев – Проект GlobalLandCover 2000. Информационная система TerraNorte. Институт космических исследований РАН, 2004.
10. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий: Пояснительный текст и легенда к карте масштаба 1: 8 000 000 / Г. Н. Огуреева, И. Н. Сафронова, Т. К. Юрковская, и др. – М., 1999. – 64 с.
11. Dronin N. M. Weathering the Soviet Countryside: The Impact of Climate and Agricultural Policies on Russian Grain Yields, 1958-2010 / N. M. Dronin, A. V. Kirilenko // *The Soviet and Post-Soviet Review*. – V. 40. – Issue 1. – 2013. – 115-143.
12. Prosterman R. L. A Vision for Agricultural Land Reform in Russia / R. L. Prosterman, L. Rolfes, J. A. Duncan jr. // *Rural Development Institute Reports on Foreign Aid and Development*. – No. 100. – November. 1999.
13. Rozelle S. Transition and Agriculture / S. Rozelle, J. F. M. Swinnen // *California Agricultural Experiment Station. Working Paper*. – No. 00-021. – October, 2000.
14. OECD. 1998. Agricultural Policies in Non-Member Countries, Paris: Centre for Co-operation with Economies in Transition, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
15. OECD. 2002. Agricultural policies in transition, Paris: Centre for Co-operation with Economies in Transition, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
16. Liefert W. M. Russia's transition to major player in world agricultural markets / W. M. Liefert, O. Liefert, E. Serova // *Choices*. – 24 (2). – 2009.
17. Competitive agriculture or state control: Ukraine's response to the global food crisis. Europe and Central Asia Region Sustainable Development Unit, World Bank. May 2008.
18. Страшная А. И. В. Агрометеорологические особенности засухи 2010 года в России по сравнению с засухами прошлых лет / А. И. Страшная, Т. А. Максименкова, О. В. Чуб // *Труды Гидрометцентра России*, выпуск 345, 2011. – С. 171-188.
19. Щербенко Е. В. Мониторинг засухи по данным космических съемок / Е. В. Щербенко // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*: сб. ст. М: ООО «Азбука», 2007. – Т.2. – С. 395-407.
20. von Cramon-Taubadel S. Land reform in Russia / S. vonCramon-Taubadel // *Economic Systems* 26, 2002, 179-183.

21. Technical efficiency in Russian agriculture / G. Brock, M. Grazhdaninova, Z. Lerman, V. Uzun // In Russia's agriculture in transition edited by Z. Lerman, Lanham, MD: Lexington Books. 2008. pp. 353–372.
22. Biodiversity of Agricultural Lands in Russia : Current State and Trends. Moscow : IUCN. 2003. P.52.
23. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization Statistics. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.fao.org/faostat>. Accessed July 2012
24. Lioubimtseva E. Grain production trends in Russia, Ukraine and Kazakhstan in the context of the global climate variability and change // E. Lioubimtseva, K. M. De Beurs, G. M. Henebry // Chapter 6. In: Younos, Tamim; Grady, Caitlin A. (Eds.) Climate Change and Water Resources, *The Handbook of Environmental Chemistry*. Vol. 25, 2013, XVIII, 221 p.
25. Сафонов Г. В. Экономический анализ влияния изменения климата на сельское хозяйство России: национальные и региональные аспекты (на примере зерновых культур) / Г. В. Сафонов, Ю. А. Сафонова– М., 2013. 48 с.

Анотація Н. М. Дронін, Н. О. Тельнова, Н. Н. Калуцкова **Аналіз багаторічних трендів продуктивності агроландшафтів півдня Східної Європи за матеріалами дистанційного зондування.** Розглянуто сукупний вплив регіональних змін клімату і антропогенного чинника (змін політики в галузі аграрного сектора і динаміки структури землекористування) - на біологічну продуктивність степових і лісостепових екосистем Східної Європи протягом трьох десятирічних періодів: в 1980 -ті , 1990 -ті і 2000 -ті роки . У контексті змін клімату та аграрних реформ обговорюються результати просторового аналізу розподілу десятирічних трендів сумарних річних значень вегетаційного індекса NDVI , отриманих за даними низького і щодо високого просторового дозволу , як індикатора щорічної біологічної продуктивності в межах різних зональних типів ландшафтів регіону дослідження .

Ключові слова: зміни клімату, сільськогосподарська політика, вегетаційний індекс NDVI, тренди біологічної продуктивності.

Abstract. N. M. Dronin, N. O. Telnova, N. N. Kalutskova **Perennial trends in biological productivity of East European agrolandscapes: remote sensing data analysis.** The combined influence of regional climate change in East European steppe biome and changing priorities of agricultural policy on the biological productivity of agrolandscapes is considered for the three decades (1980-s, 1990-s and 2000-s). Sum annual NDVI derived from remote sensing data of low and medium resolution is used as a reliable indicator of biological productivity of the semiarid ecosystems. Spatial analysis of decadal trends are discussed for the different zonal landscapes of region in study with a special attention to the ongoing climate change, agricultural reforms and grain production dynamics.

Keywords: climate change, agricultural policy, vegetation index NDVI, trends in biological productivity.

Поступила в редакцію 02.02.2014 г.