

9. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. М., Изд-во Моск. Ун-та, 1991. – 206 с.
10. Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Тепловизионная съемка активных вулканов Курильских островов в 2009-2011 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, №1, Выпуск №19, 2012, с. 231 - 239.
11. Корсунская Г.В. Курильская островная дуга (физико-географический очерк). М.: Географгиз, 1958. 224 с.
12. Курильские острова (природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика). Южно-Сахалинск: Сахалинск. кн. изд-во, 2004. 228 с.
13. Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Лесная пром-сть, 1980. 408 с.
14. Поляков А.В., Тимофеев Ю.М., Успенский А.Б. Возможности определения температуры и излучательной способности поверхности суши по данным спутниковых ИК-зондировщиков высокого спектрального разрешения (ИКФС-2) // Исследование Земли из космоса, 2010, № 4, с. 85 – 90.
15. Работнов Т.А. Фитоценология. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1978. 384 с.
16. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
17. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
18. Шиятов С.Г. Дендрохронология, её принципы и методы // Зап. Свердловск. отд-ния ВБО, 1973, вып. 6. С. 53 - 81.
19. Sobrino J.A., Jimenez-Munoz J.C., Paolini L. Land surface temperature retrieval from Landsat-5/TM // Remote Sensing of Environment, 2004, №90, p. 434 – 440.
20. Suga Y., Ogawa H., Ohno K., Yamada K. Detection of surface temperature from Landsat-7/ETM+ // Advances in Space Research, 2003, Vol. 32, №11, p. 2235 - 2240.
21. Tan K.C., Lim H.S., MatJafri M.Z., Abdullah K. Landsat data to evaluate urban expansion and determine land use/land cover changes in Penang Island, Malaysia // Environmental Earth Sciences, 2010, №60, p. 1509–1521.
22. Yang J.S., Wang Y.Q., August P.V. Estimation of Land Surface Temperature Using Spatial Interpolation and Satellite-Derived Surface Emissivity // Journal of Environmental Informatics, 2004, №4(1), p. 37 – 44.

## **ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СТЕПНЫХ И ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕФОРМ: АНАЛИЗ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

*Н.М. Дронин, Н.О. Тельнова, Н.Н. Калуцкова*  
*Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Москва, Россия*

*[ndronin@gmail.com](mailto:ndronin@gmail.com), [natalia.telnova@gmail.com](mailto:natalia.telnova@gmail.com), [kalutskova@gmail.com](mailto:kalutskova@gmail.com)*

## **BIOPRODUCTIVITY DYNAMICS OF EAST EUROPEAN STEPPES AND FOREST-STEPPE UNDER CLIMATE CHANGES AND AGRICULTURAL REFORMS: REMOTE SENSING DATA ANALYSIS**

*N.M.Dronin, N.O.Telnova, N.N.Kalutskova*  
*Faculty of Geography, Moscow State University, Russia*

**Abstract.** 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 landscapes. 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.

**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. Основными факторами динамики продуктивности ландшафтов степной и лесостепной зон, 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 различного 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 [Bai, Dent et al., 2008; Fensholt, Rasmussen, 2012]. 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, отличающимся по приоритетам сельскохозяйственной политики, радикальным трансформациям структуры использования земель и специфике климатических условий. Так, позднесоветский период 1980-х годов характеризуется значительными инвестициями в сельское хозяйство наряду с благоприятными с точки зрения сельскохозяйственного производства климатическими условиями, выраженными со второй половины десятилетия: Период 1990-х годов характеризуется неблагоприятными для сельского хозяйства последствиями экономического кризиса и лимитирующими погодными условиями. 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 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.

**Методы исследования.** При анализе динамики продуктивности наземных экосистем по разновременным данным дистанционного зондирования традиционно используется нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI). Данный индекс представляет собой безразмерный коэффициент, отражающий нормализованную разность спектральной яркости земной поверхности в красной и ближней инфракрасной зонах спектра электромагнитных волн, наиболее информативно отражающих состояние растительного покрова на момент регистрации съемочными системами искусственных спутников. Анализ временных рядов NDVI широко применяется для разномасштабных исследований многолетней динамики растительного покрова. Общеизвестно, что нормализованный разностный вегетационный индекс наиболее эффективен для изучения динамики продуктивности семиаридных экосистем [Fensholt, Rasmussen, 2012].

Показатель суммарных годовых значений NDVI рассматривается нами как основной интегральный индикатор, отражающий межгодовую многолетнюю динамику надземной зеленой фитомассы, надежно сопоставимый с ежегодной биологической продуктивностью растительных сообществ [Bai, Dent et al., 2008]. Важным преимуществом используемого показателя является его независимость от различий в продолжительности вегетационного периода и длительности фенологических фаз наземной растительности, что позволяет получать сопоставимые результаты в пределах обширных регионов.

В качестве исходных данных для макрорегионального анализа динамики биологической продуктивности агроландшафтов степной и лесостепной зон в пределах 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 [Tucker, Pinzon et al., 2005]. 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 [Beck, McVicar et al., 2011]. 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 [Solano, Didan et al., 2010]. 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 [Eastman, Sangermano et al., 2009]. Для проверки гипотезы о наличии устойчивого тренда использовался также непараметрический тест Манна-Кендалла. Результаты непараметрического теста Манна-Кендалла определяют надежность присутствия позитивного или негативного тренда [Hoaglin, Mosteller, Tuckey, 2000]. Этому количественному критерию соответствуют пять качественных категорий, используемых нами для пространственного анализа динамики биопродуктивности степных и лесостепных ландшафтов: 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 в пределах региона исследования были подразделены по различным типам земельных угодий. В результате обобщенной переклассификации исходных геопрограммных данных о распределении типов земельных угодий [Барталев, Белвард и др., 2004] 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).

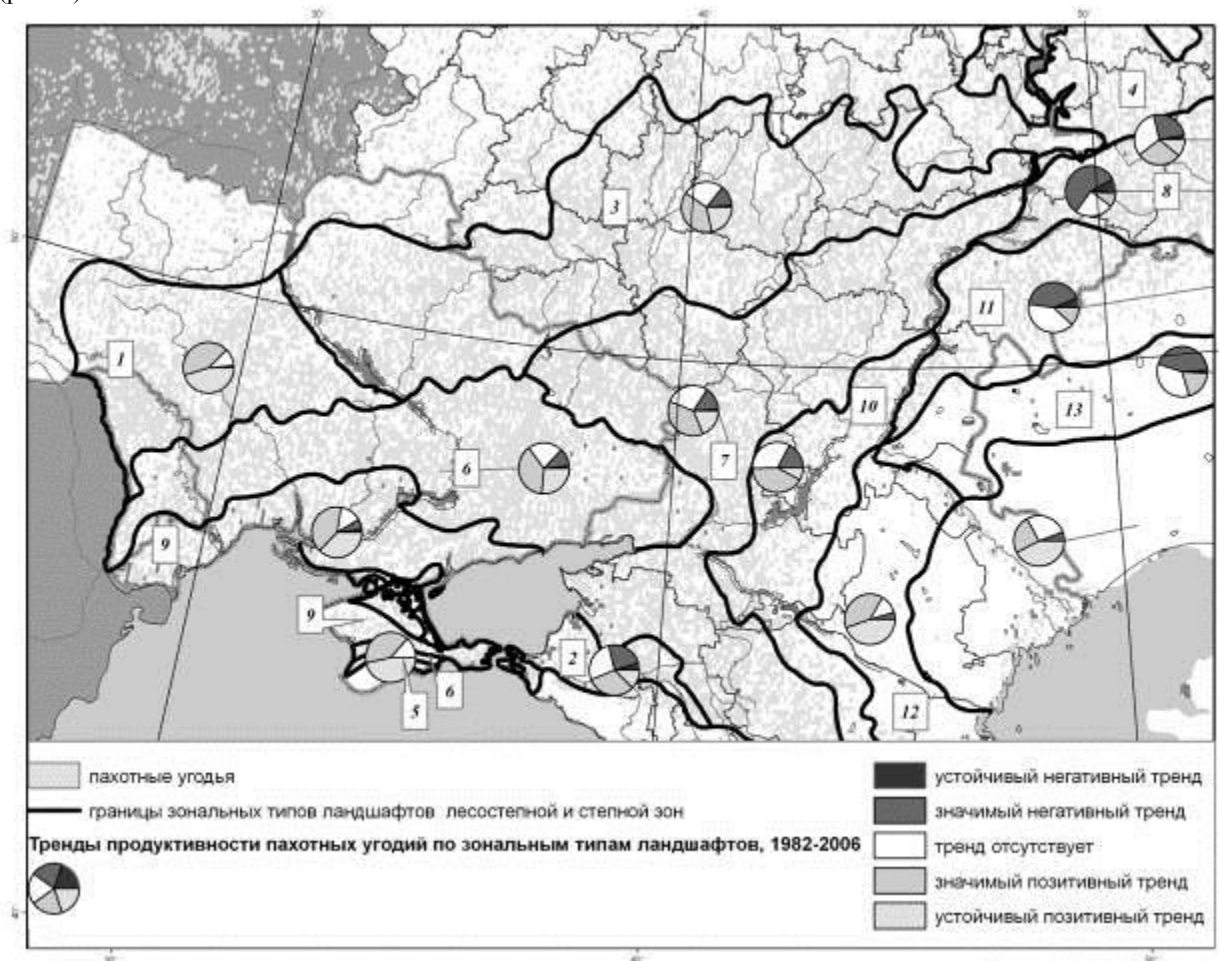


Рис. 1 Распределение трендов изменения продуктивности агроландшафтов различной направленности и значимости в целом за период 1982-2006 гг. по различным зональным типам ландшафтов степи и лесостепи (рассчитано по данным NOAA AVHRR). Зональные типы ландшафтов степной и лесостепной зон Восточной Европы [по Огуревой, Сафроновой, Юрковской и др., 1994, 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.

**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 агроландшафтов. 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.). 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. [Dronin, Kirilenko, 2013]. 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 (рис. 2).

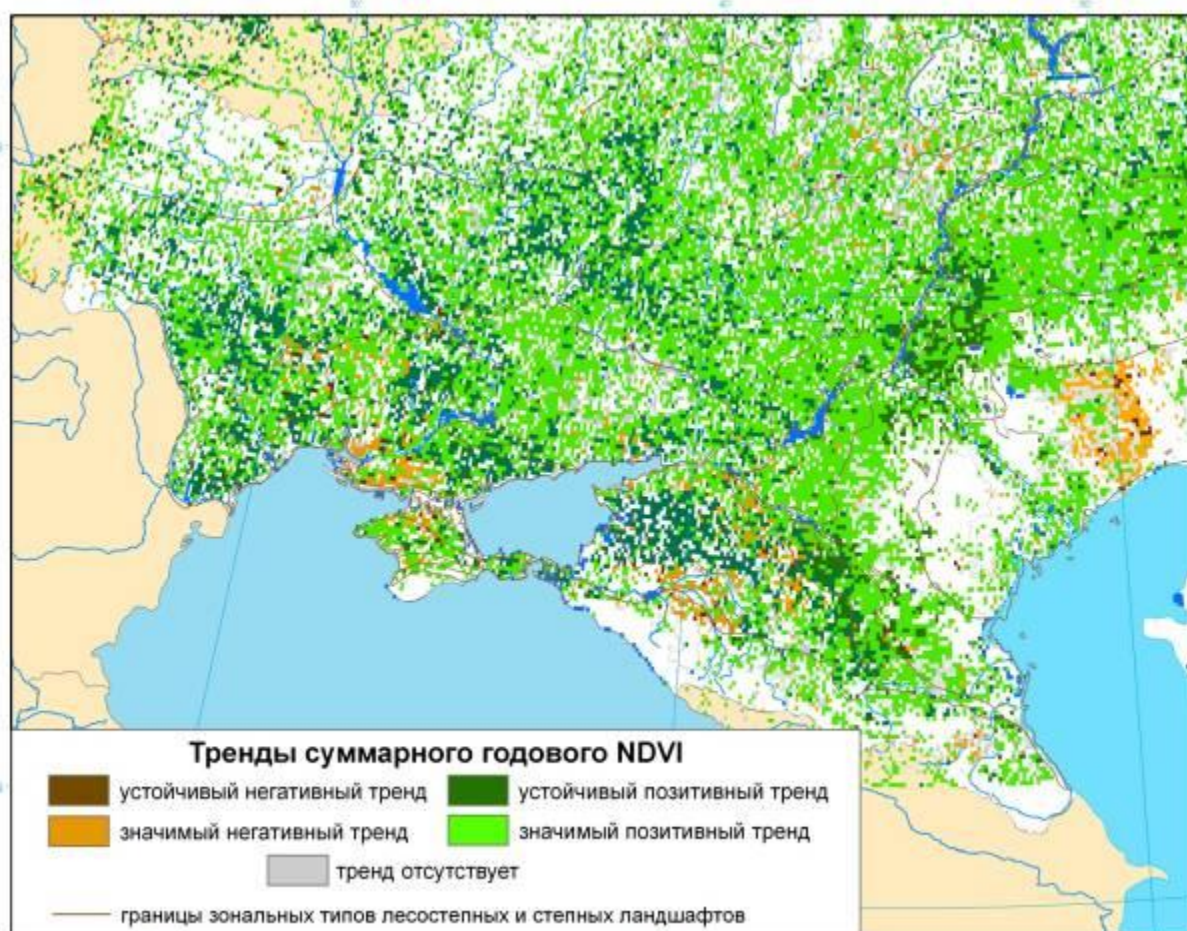


Рис.2 Распределение трендов изменения продуктивности пахотных и пастбищных угодий степной и лесостепной зон Восточной Европы за период 1982-1990 гг. (рассчитано по данным NOAA AVHRR).

В пределах всех ландшафтных подзон степи и лесостепи отмечены позитивные тренды суммарных годовых значений NDVI для 4/5 пахотных угодий (рис. 3).

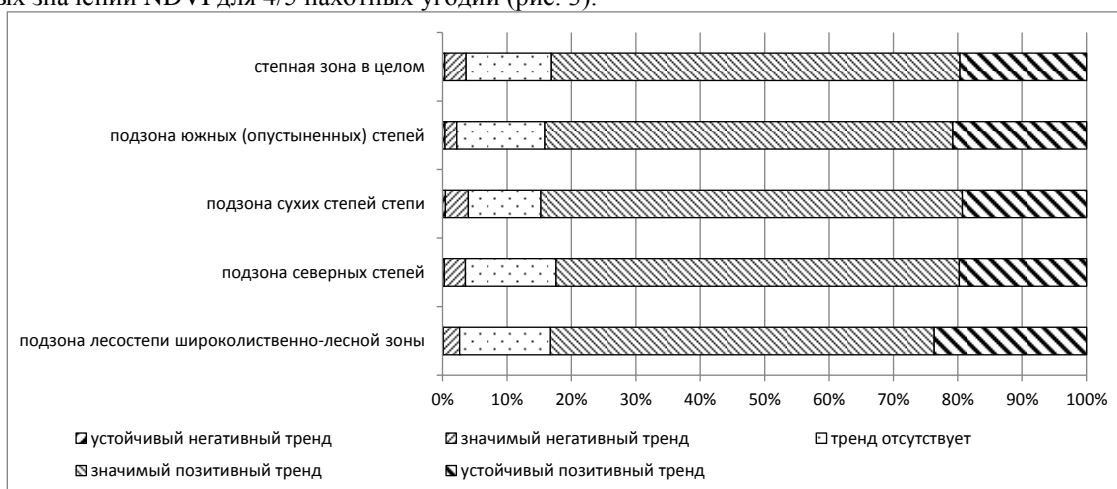


Рис. 3. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах ландшафтных зон и подзон юга Восточной Европы за период 1982-1990 гг. (рассчитано по данным NOAA AVHRR).

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. отличаются 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. 4).

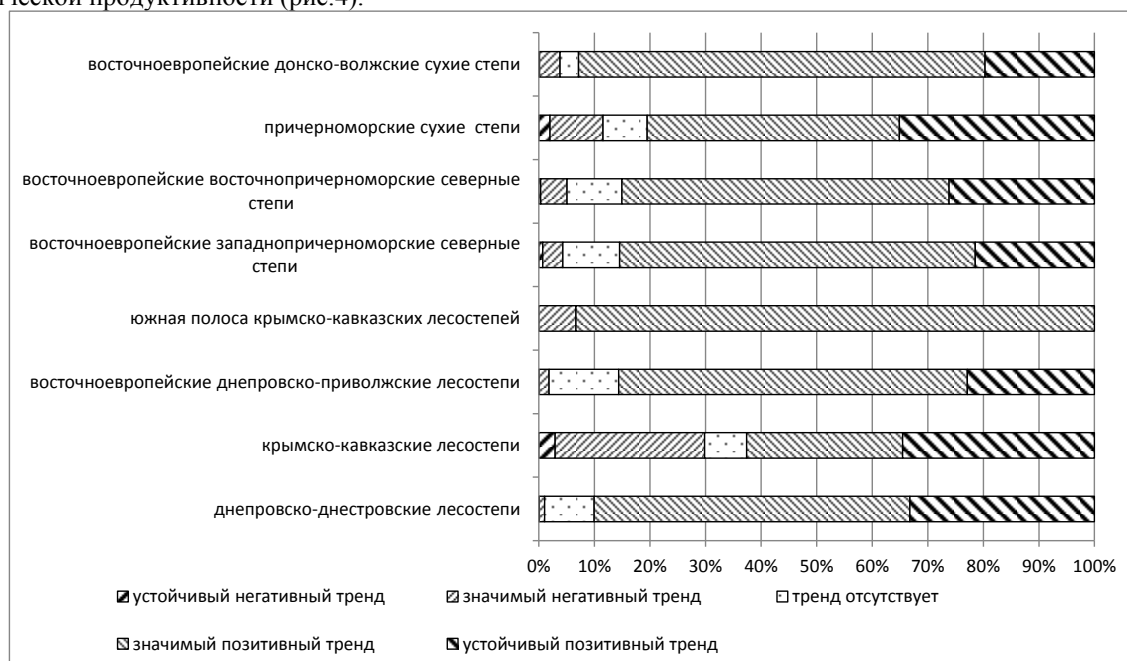


Рис. 4. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах различных зональных типов ландшафтов юга Украины и Европейской части России за период 1982-1990 (рассчитано по данным NOAA AVHRR).

**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 и на образование небольших фермерских хозяйств семейного типа. Однако, реструктуризация в сельском хозяйстве протекала 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 (Rural Development Institute) в конце 1990-х г., реальных изменений в деятельности таких хозяйств по сравнению с советским периодом не произошло [Prosterman, Rolfes, Duncan, 1999]. 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% [OECD, 2002]. Произошло значительное сокращение площадей под зерновыми: с 65 млн га в 1987–1990 гг. до 50 млн га в 1996–2000 гг. [Liefert, Liefert, Serova, 2009]. По мнению экспертов Всемирного банка, причиной является кризис, но не изменение погодных условий [Competitive agriculture..., 2008].

В климатическом отношении период 1990-х гг. характеризовался частыми и сильными засухами, затронувшими ключевые сельскохозяйственные регионы в 1991, 1995, 1998 и 1999 гг. [Страшная, Максименкова, Чуб, 2011]. 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 [Щербенко, 2007]. 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 [Dronin, Kirilenko, 2013] 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 фактор обуславливают преобладание в 1990-е гг. отрицательных трендов биологической продуктивности агроландшафтов юга Восточной Европы (рис. 4).

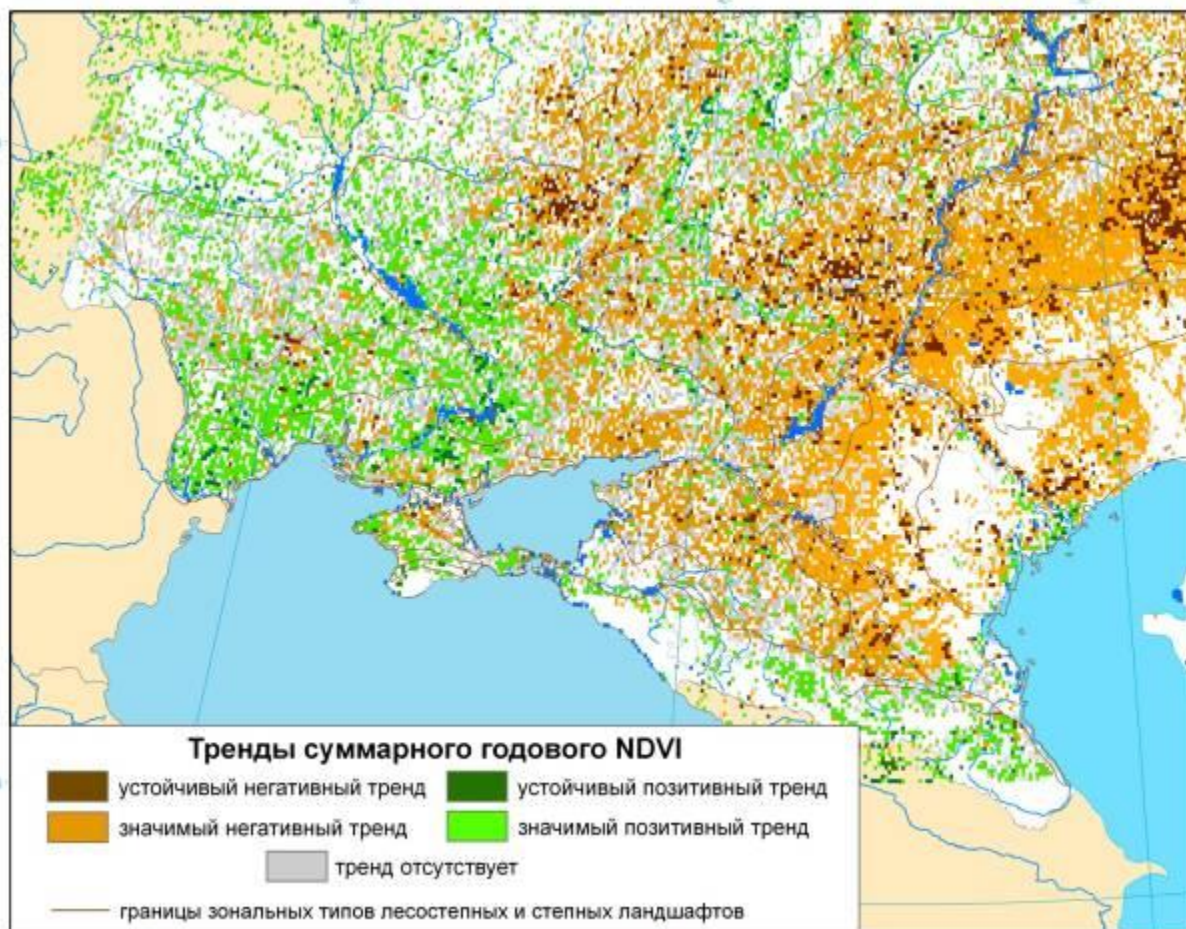


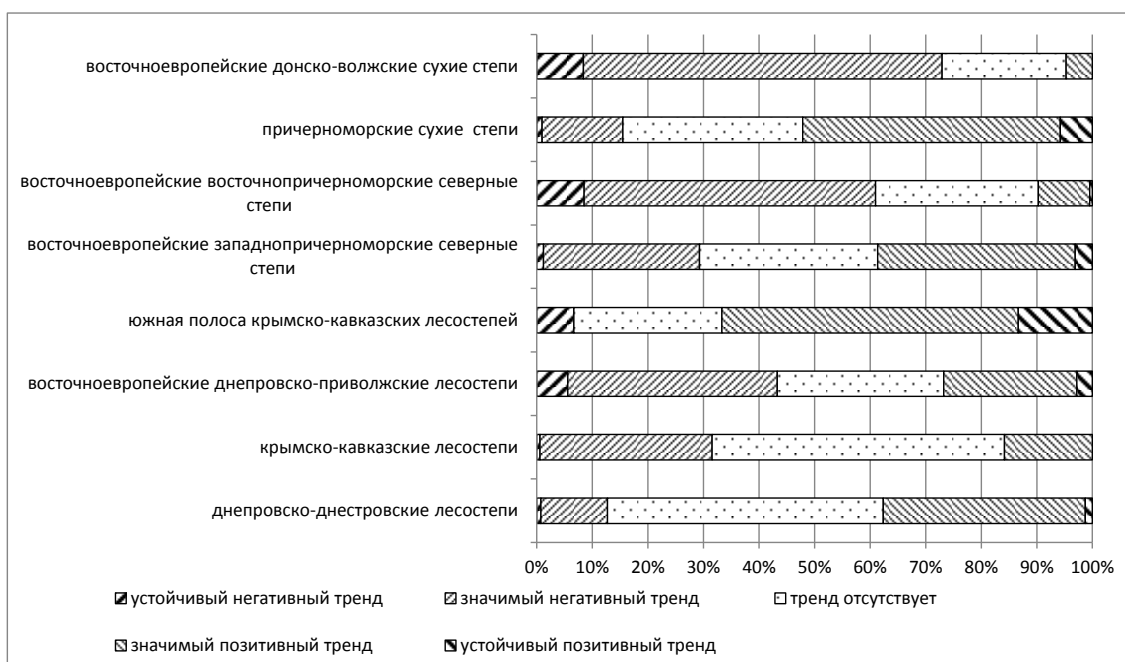
Рис.5 Распределение трендов изменения продуктивности пахотных и пастбищных угодий степной и лесостепной зон Восточной Европы за период 1991-1999 гг. (рассчитано по данным NOAA AVHRR).

Пространственные закономерности распределения направленности изменений суммарных годовых значений NDVI обратно симметричны 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 продуктивности (рис. 6).



Рис. 6. 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 NOAA AVHRR).

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 снижение 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. 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 1991-1999 (рассчитано по данным NOAA AVHRR).*

**Период с 2000 по 2013 гг.** С 2000 г. в России и сопредельных странах наблюдается устойчивая положительная динамика урожая. По мнению некоторых экспертов, 2000 год был точкой перелома, когда российское сельское хозяйство стало выходить из кризиса [von Cramon-Taubadel, 2002]. 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 зерновыми 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 [Brock, Grazhdaninova et al., 2008]. 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 [Liefert, Liefert, Serova, 2009]. 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 [Biodiversity of agricultural lands in Russia..., 2003]. 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) [Liefert, Liefert, Serova, 2009]. Использование минеральных удобрений в России выросло в 2 раза с 1999 г. В настоящее время объемы вносимых на поля минеральных удобрений остаются намного ниже, чем в советский период [FAOSTAT, 2013], хотя, по мнению некоторых экспертов, советские нормы были завышенными [Lioubimtseva, de Beurs, Henebry, 2013]. 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. [Сафонов, Сафонова, 2013].

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 завершилось 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 [Dronin, Kirilenko, 2013], 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. [Liefert, Liefert, Serova, 2009]. 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 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 (рис.8).

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. 9).

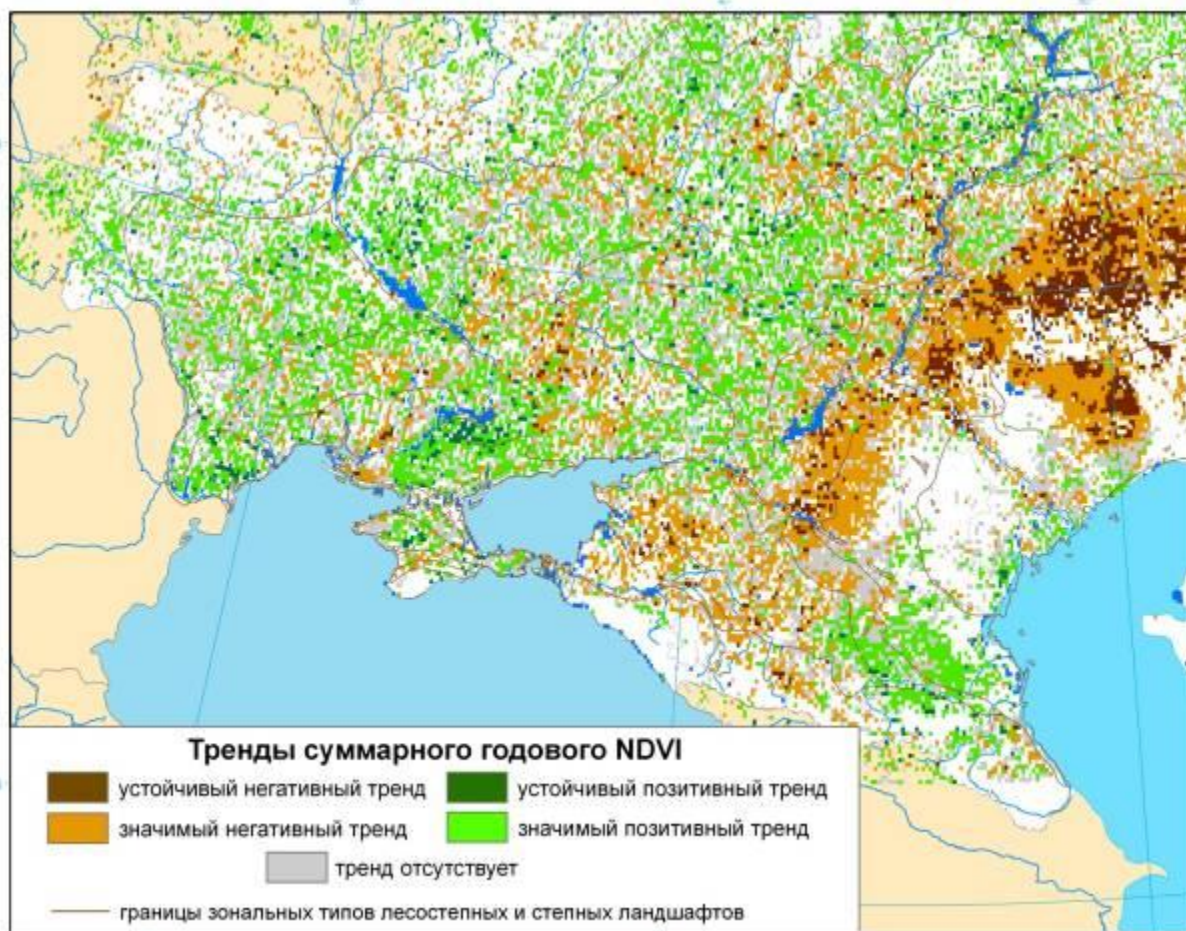


Рис. 8. Распределение трендов изменения продуктивности пахотных и пастбищных угодий степной и лесостепной зон Восточной Европы за период 2000-2006 гг. (рассчитано по данным NOAA AVHRR).

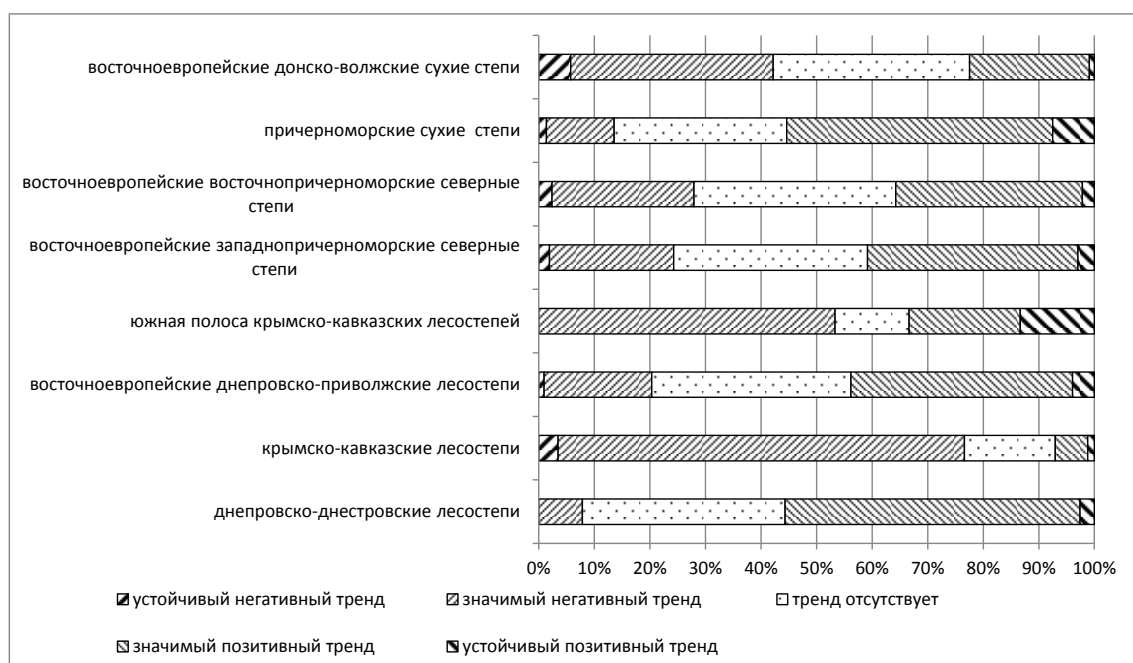


Рис. 9. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах различных зональных типов ландшафтов юга Украины и Европейской части России за период 2000-2006 (рассчитано по данным NOAA AVHRR).

Восстановление российского сельскохозяйственного производства началось только после 2006-2007 гг. [Dronin, Kirilenko, 2013], когда вклад политического фактора стал позитивным. 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 среднемноголетних 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, рассчитанных по данным Terra MODIS, 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. 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. 10).

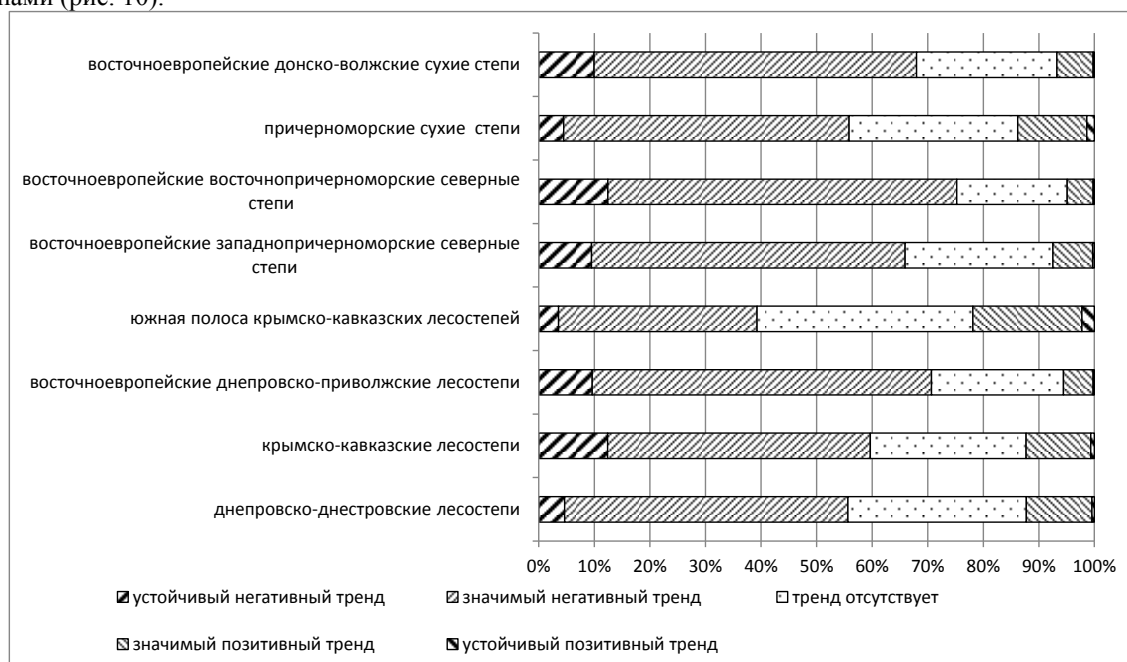


Рис. 10. Значимость и направленность трендов суммарных годовых значений NDVI пахотных угодий в пределах различных зональных типов ландшафтов юга Украины и Европейской части России за период 2000-2013 (рассчитано по данным Terra MODIS).

**Выводы.** Проанализированные 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.

Зонально-ландшафтные закономерности в распределении трендов биологической продуктивности в течение всего последнего 30-летия проявлены достаточно четко: наибольшей стабильностью биологической продуктивности отличаются агроландшафты в пределах восточноевропейских лесостепей, тогда как ландшафтам типичных и особенно сухих степей присуще преобладание однонаправленных трендов биопродуктивности во все рассмотренные периоды.

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

#### **Библиографический список:**

1. Барталев С.А., Белвард А.С, Ершов Д.В., Исаев А.С. Карта наземных экосистем Северной Евразии по данным SPOT-Vegetation. Проект Global Land Cover 2000. Информационная система TerraNorte. Институт космических исследований РАН, 2004.
2. Огуреева Г. Н., Сафронова И. Н., Юрковская Т. К., Микляева И. М., Котова Т. В. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий: Пояснительный текст и легенда к карте масштаба 1: 8 000 000. М., 1999. – 64 с.
3. Сафонов Г.В., Сафонова Ю.А. Экономический анализ влияния изменения климата на сельское хозяйство России: национальные и региональные аспекты (на примере зерновых культур). М., 2013. – 48 с.
4. Страшная А.И, Максименкова Т.А, Чуб О.В. Агрометеорологические особенности засухи 2010 года в России по сравнению с засухами прошлых лет. //Труды Гидрометцентра России, выпуск 345, 2011. - С. 171-188.
5. 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.
6. Bai Z. G., Dent D. L., Olsson L., Schaepman M. E. Proxy global assessment of land degradation. //Soil Use and Management, 2008, 24: 223–234.
7. Beck H. E., McVicar T.R., Albert I.J.M. et al. Global evaluation of four AVHRR–NDVI data sets: Intercomparison and assessment against Landsat imagery. //Remote Sensing of Environment, 2011, 115: 2547-2563
8. Biodiversity of Agricultural Lands in Russia: Current State and Trends. Moscow: IUCN. 2003. – 52 p.
9. Brock G., Grazhdaninova M., Lerman Z., Uzun V. Technical efficiency in Russian agriculture. In Russia's agriculture in transition edited by Z. Lerman, Lanham, MD: Lexington Books. 2008, pp. 353–372.
10. 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.
11. Dronin N.M., Kirilenko A.V. Weathering the Soviet Countryside: The Impact of Climate and Agricultural Policies on Russian Grain Yields, 1958–2010. //The Soviet and Post-Soviet Review, V. 40, Issue 1, 2013: 115 – 143.
12. Eastman J. R., Sangermano F., Ghimire B., Zhu H. L., Chen H., Neeti N., et al. Seasonal trend analysis of image time series. //International Journal of Remote Sensing, 2009, 30: 2721–2726.
13. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization Statistics. Access:[http://www.fao.org/faostat.org](http://www.fao.org/faostat). July 2012
14. Fensholdt R., Rasmussen K. et al. Greenness in semi-arid areas across the globe 1981-2007 - an Earth Observing Satellite based analysis of trends and drivers. //Remote sensing of environment, 2012, v. 121: 124-158.
15. Hoaglin D. C., Mosteller F., Tukey J. W. Understanding robust and exploratory data analysis. New York: Wiley, 2000.
16. Liefert W.M., Liefert O., Serova E. Russia's transition to major player in world agricultural markets. //Choices, 24 (2), 2009.
17. Lioubimtseva E., De Beurs K. M., Henebry G. M. Grain production trends in Russia, Ukraine and Kazakhstan in the context of the global climate variability and change, Ch. 6. //Younos, Tamim; Grady, Caitlin A. (Eds.) Climate Change and Water Resources, The Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 25, 2013, XVIII, 221 p.
18. OECD. 2002. Agricultural policies in transition, Paris: Centre for Co-operation with Economies in Transition, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
19. Prosterman R. L., Rolfes L., Duncan jr. J. A Vision for Agricultural Land Reform in Russia. //Rural Development Institute Reports on Foreign Aid and Development No. 100, November. 1999.
20. Solano R., Didan K., Jacobson A. Huete A. MODIS vegetation index USER's guide (MOD13 series). Version 2, may 2010.
21. Tucker C., Pinzon J., Brown M., Slayback D., Pak E., Mahoney R., et al. An extended AVHRR 8 km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. //International Journal of Remote Sensing, 2005, 26: 4485–4498.
22. von Cramon-Taubadel S. Land reform in Russia. //Economic Systems 26, 2002, 179–183