

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ
SOIL AND LAND RESOURCES
ГЛЕБАВА-ЗЕМЕЛЬНЫЯ РЭСУРСЫ

УДК 332.34:004.051(476.7)

В. А. Мороз

Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина, Брест, Беларусь
e-mail: v.maroz@gmail.com

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ
(НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛИГОНОВ БРЕСТСКОГО ПОЛЕСЬЯ)

Рассмотрены методика и результаты анализа эффективности землепользования в границах Брестского Полесья в крупном масштабе с применением композитных изображений максимальных показателей вегетационного индекса *NDVI* за период с 1985 по 2017 г. Установлено статистически достоверное изменение биопродуктивности агроландшафтов Брестского Полесья за исследуемый период, выявившее положительное влияние островных дендрочастков на эффективность землепользования в агроландшафтах. Анализ динамики индекса *NDVI* показал, что сельскохозяйственные угодья, в состав которых включена значительная часть островных лесов, отличаются большей биопродуктивностью, чем сельскохозяйственные угодья без островных дендрочастков в аналогичных условиях.

Ключевые слова: островные леса, агроландшафты, Брестское Полесье, растительный покров, *NDVI*

V. A. Maroz

Brest State A. S. Pushkin University, Brest, Belarus, e-mail: v.maroz@gmail.com

VALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF LAND USE BASED ON THE ANALYSIS OF VEGETATION INDICES
(ON THE EXAMPLE OF BREST POLESYE'S MODEL POLYGONS)

According to the analysis of dynamics of indicators of the vegetation index *NDVI* at the period 1985–2017 trends in the biological productivity of the agricultural landscapes of Brest Polesye were identified. Sustainable use of insular agricultural lands of Brest Polesye should be based, primarily, on their environment-forming and environment-stabilizing functions. The positive impact of insular woods on the efficiency of land use in agricultural lands has been proved, expressed in the large (10 %) activities of index *NDVI* of agricultural lands, including the insular forests in comparison with the agricultural lands without the insular forests.

Keywords: insular forests, agricultural landscapes, Brest Polesie, vegetation, *NDVI*

В. А. Мароз

Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А. С. Пушкіна, Брэст, Беларусь, e-mail: v.maroz@gmail.com

АЦЭНКА ЭФЭКТЫЎНАСЦІ ЗЕМЛЕКАРЫСТАННЯ НА АСНОВЕ АНАЛІЗУ ВЕГЕТАЦЫЙНЫХ ІНДЭКСАЎ
(НА ПРЫКЛАДЗЕ МАДЭЛЬНЫХ ПАЛІГОНАЎ БРЭСЦКАГА ПАЛЕСЬЯ)

На аснове аналізу дынамікі паказчыкаў вегетацыйнага індэкса *NDVI* за перыяд з 1985 па 2017 г. выяўлены тэндэнцыі змены біяпрадуктыўнасці аграладшафтаў Брэсцкага Палесся. Устойлівае выкарыстанне астраўных лясоў аграладшафтаў Брэсцкага Палесся павінна грунтавацца, у першую чаргу, на іх экалагічных функцыях. Выяўлены станоўчы ўплыў астраўных лясоў на эфектыўнасць землекарыстання ў аграладшафтаў, які праяўляецца большымі (прыкладна на 10 %) паказчыкамі індэкса *NDVI* сельска-гаспадарчых угоддзяў, якія ўключаюць астраўныя лясы, у параўнанні з аграладшафтамі без астраўных лясоў.

Ключавыя словы: астраўныя лясы, аграладшафты, Брэсцкае Палессе, раслінны покрыв, *NDVI*

Введение. Оценка эффективности землепользования применительно к сельскому и лесному хозяйству позволяет своевременно выявлять проблемные области использования имеющихся ресурсов и предложить пути оптимизации способов ведения биосферно-совместимого природопользования. Использование вегетационных индексов в целях оценки эффективности землепользования дает возможность получать результаты, характеризующиеся объективностью, пространственной привязкой и периодичностью [1–3].

В сети Internet доступны для свободного использования космические снимки ряда спутников (*Landsat TM*, *Landsat TM+* и *Landsat ETM+*), позволяющие после их дополнительной обработки оценить динамику состояния растительности на территории Брестского Полесья с 70-х годов XX века на основании вегетационных индексов (например, *NDVI* – *Normalized Difference Vegetation Index* / нормализованный разностный вегетационный индекс).

Несмотря на достаточно узкую применимость при расчете вегетационных индексов в целом для физико-географического округа Брестского Полесья, данные *Landsat* могут быть использованы для целей оценки динамики изменения вегетационных индексов на модельных полигонах [3]. Такие отличительные особенности этих снимков, как достаточно высокое разрешение (30 м на канал), наличие множества каналов позволяют достичь высоких результатов в задачах оценки состояния растительного покрова.

Показатель *NDVI* является относительным индексом состояния растительности, который может быть использован в климатических и биогеохимических моделях для расчета фотосинтеза, обмена углекислым газом между атмосферой и поверхностью земли, испарения, транспирации, поглощения и излучения энергии земной поверхностью.

Лесоаграрные ландшафты при их неизбежном сельско- и лесохозяйственном использовании являются наиболее потенциально устойчивыми среди природно-антропогенных ландшафтов. Так как для Брестского Полесья характерна неполяризованная структура агроландшафтов, именно растительный покров островных дендрочастьков (ОДУ) является основным фактором поддержания экологической стабильности агроландшафтов и улучшения качества среды региона. Цель исследования – выявление влияния ОДУ на эффективность землепользования в агроландшафтах, основанное на анализе динамики вегетационного индекса *NDVI* на модельном полигоне (МП) и прилегающих территориях.

Материалы и методы исследования. *NDVI* – один из широко используемых вегетационных индексов. Вегетационный индекс – это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) данных дистанционного зондирования и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка.

NDVI рассчитывается по следующей формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) = (RVI - 1) / (RVI + 1), \quad (1)$$

где *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – отражение в красной области спектра; *NDVI* впервые был описан в [4], концепция представлена в [5]. Одно из преимуществ состоит в том, что его значения изменяются от –1 до 1, в отличие от индекса *RVI*.

Согласно формуле, *NDVI* в определенной точке изображения равен разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Для анализа эффективности землепользования в границах Брестского Полесья в крупном масштабе применялись композитные изображения максимальных показателей вегетационного индекса *NDVI* (*MVC (Maximum Value Composit) NDVI*) за период с 1985 по 2017 г. Для анализа использовались все доступные космические снимки *Landsat TM*, *ETM+*, *OLI/TIRS* уровня обработки *L1TP* (с предварительной радиометрической и геометрической коррекцией путем включения наземных контрольных точек при использовании цифровой модели рельефа (*DEM*)) за вегетационный сезон с мая по сентябрь каждого года. Всего для генерации *MVC NDVI* за 30-летний период было использовано 395 снимков, от 5 до 24 за каждый вегетационный сезон при среднем показателе более 13 снимков за сезон и до 3 снимков за месяц. Снимки для композитов индекса *NDVI* были получены через [6], что позволило, во-первых, сразу использовать данные, уже прошедшие этап окончательной радиометрической коррекции (калибровки), а во-вторых,

избежать промежуточного этапа расчетов индекса *NDVI* с помощью инструментов «Арифметика канала» / «Анализ изображений» в *ArcGIS* или «Калькулятор вегетационных индексов» в *ENVI*.

Мозаика *NDVI* за каждый вегетационный сезон строилась в программном комплексе *ArcGIS* 10.2 с помощью инструмента «Мозаика» с оператором «Максимум», в результате чего каждому пикселу снимка присваивалось его максимальное значение во временном ряду с мая по сентябрь. Использование *MVC NDVI* позволило избежать главных недостатков применения *NDVI* – влияния на его расчеты погрешностей из-за погодных условий, облачности и дымки. Всего было получено 30 мозаик *MVC NDVI*. На основании данных мозаик в программном комплексе *ENVI* 5.2 с помощью «Калькулятора раstra» были рассчитаны средние показатели *MVC NDVI* за весь период (с 1985 по 2017 г.), а также за два подпериода (с 1988 по 1999 г. и с 2000 по 2017 г.).

Для определения влияния ОДУ на эффективность землепользования с помощью анализа вегетационного индекса *NDVI* был выбран МП «Днепробугский» (Кобринский район Брестской области), который сравнивался с территорией рядом расположенного биологического заказника местного значения «Дивин–Великий Лес» (на запад от МП) и сельскохозяйственными землями без ОДУ (на восток от МП, между МП и территорией ландшафтного заказника республиканского значения «Званец») (рис. 1). Выбор данной территории в качестве МП обусловлен тем, что территория заказника является практически непреобразованным природным аналогом МП, а сельскохозяйственные угодья на востоке от МП практически лишены сохранившихся ОДУ.

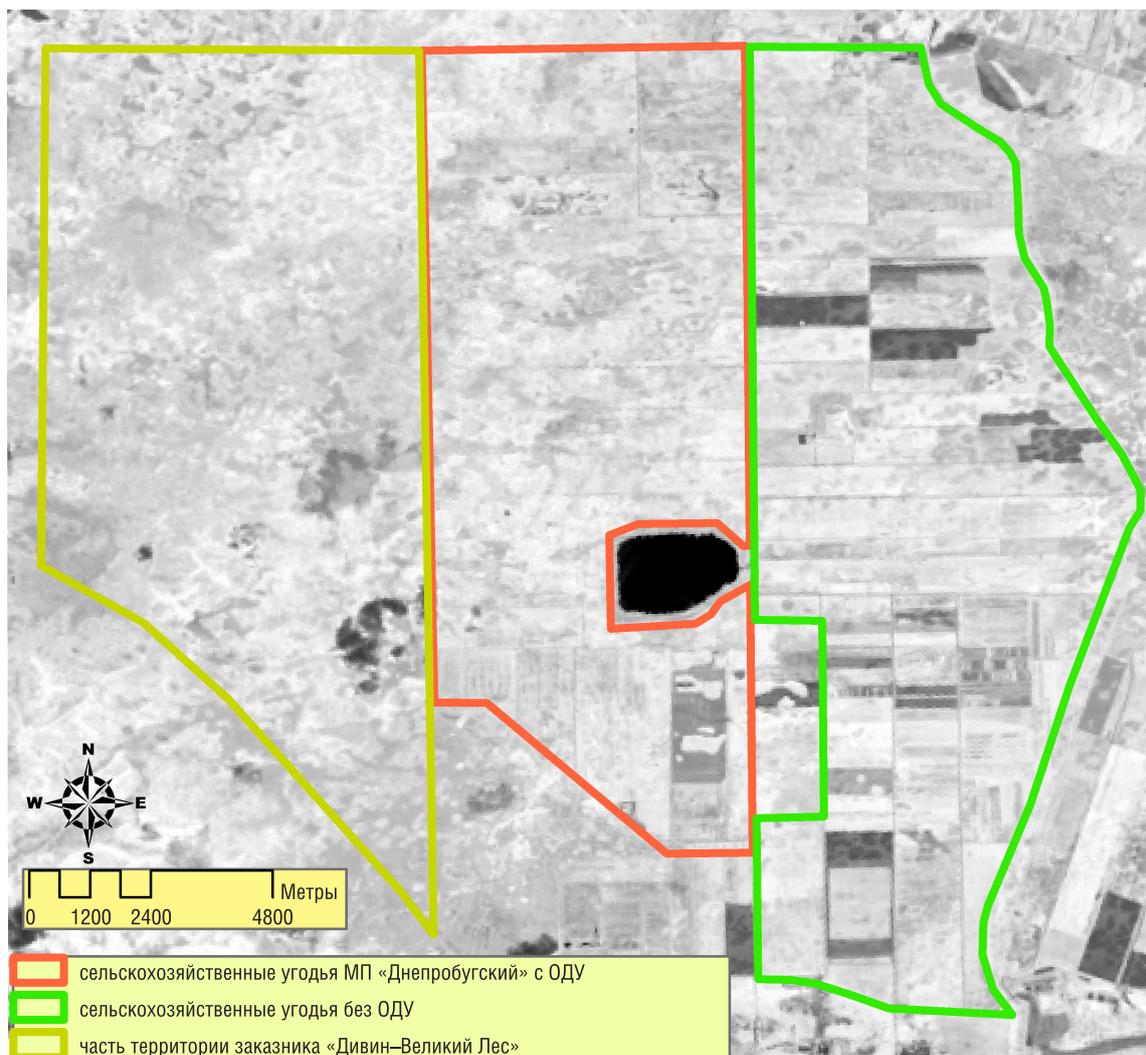


Рис. 1. Области интереса для анализа эффективности землепользования

С помощью инструмента «Зональная статистика в таблицу» в ArcGIS 10.2 были получены различные статистические показатели распределения индекса *NDVI* для трех исследуемых областей интереса: МП «Днепробугский», его природного аналога (части заказника «Дивин–Великий Лес») и его сельскохозяйственного аналога без ОДУ. Для исключения аномальных показателей распределения индекса *NDVI* из области интереса МП «Днепробугский» была исключена территория водохранилища с прилегающими дамбами, а из области сельскохозяйственных угодий без ОДУ – зона содержания пятнистых оленей в вольерах. Внутри МП «Днепробугский» анализировались динамика и средние показатели индекса *NDVI* внутри ОДУ и внутри контуров сельскохозяйственных угодий. Это позволило сравнить средние показатели индекса *NDVI* между собственно сельскохозяйственными угодьями МП «Днепробугский» (без учета ОДУ внутри МП) и угодьями его сельскохозяйственного аналога, а также выявить влияние ОДУ на общую биопродуктивность в границах сельскохозяйственных угодий.

Результаты и их обсуждение. Были получены данные зональной статистики *MVC NDVI* по областям интересов за период с 1985 по 2017 г. (табл. 1), средние показатели за период с 1985 по 2017 г., а также за подпериоды с 1988 по 1999 г. и с 2000 по 2017 г. (табл. 2). Средние показате

Т а б л и ц а 1. Показатели зональной статистики *MVC NDVI*

Год	Области интереса (ROIs)														
	территория заказника «Дивин–Великий Лес»			МП «Днепробугский»									сельскохозяйственные угодья без ОДУ		
				сельскохозяйственные угодья с ОДУ			в том числе								
	Mean	Std	Median	Mean	Std	Median	сельскохозяйственные угодья			ОДУ			Mean	Std	Median
Mean	Std	Median	Mean	Std	Median	Mean	Std	Median	Mean	Std	Median	Mean	Std	Median	
1985	0,737	0,050	0,744	0,673	0,130	0,718	0,657	0,132	0,694	0,752	0,068	0,770	0,654	0,122	0,681
1986	0,737	0,050	0,742	0,670	0,104	0,693	0,661	0,109	0,684	0,699	0,081	0,718	0,730	0,074	0,744
1987	0,737	0,037	0,742	0,712	0,107	0,735	0,710	0,118	0,736	0,733	0,039	0,738	0,745	0,068	0,750
1988	0,785	0,038	0,794	0,779	0,068	0,798	0,777	0,072	0,797	0,787	0,053	0,801	0,783	0,060	0,797
1989	0,781	0,052	0,793	0,790	0,063	0,807	0,788	0,067	0,804	0,799	0,050	0,813	0,799	0,055	0,810
1990	0,737	0,056	0,745	0,753	0,069	0,759	0,753	0,073	0,759	0,748	0,056	0,751	0,749	0,065	0,756
1991	0,796	0,034	0,804	0,774	0,066	0,791	0,773	0,069	0,789	0,791	0,042	0,802	0,751	0,080	0,767
1992	0,739	0,040	0,747	0,746	0,057	0,755	0,749	0,060	0,760	0,741	0,041	0,749	0,722	0,071	0,735
1993	0,788	0,042	0,800	0,762	0,072	0,781	0,758	0,074	0,773	0,789	0,048	0,803	0,720	0,083	0,736
1994	0,784	0,040	0,793	0,745	0,064	0,759	0,737	0,066	0,751	0,773	0,046	0,782	0,723	0,073	0,732
1998	0,814	0,036	0,823	0,784	0,051	0,791	0,774	0,051	0,780	0,808	0,041	0,817	0,775	0,047	0,780
1999	0,825	0,045	0,835	0,775	0,062	0,781	0,763	0,063	0,768	0,810	0,042	0,816	0,746	0,068	0,751
2000	0,845	0,038	0,855	0,804	0,058	0,809	0,792	0,058	0,797	0,838	0,045	0,848	0,790	0,056	0,795
2001	0,845	0,036	0,850	0,808	0,061	0,818	0,796	0,063	0,805	0,837	0,044	0,846	0,804	0,059	0,812
2002	0,845	0,032	0,850	0,804	0,061	0,816	0,791	0,060	0,801	0,842	0,043	0,853	0,777	0,059	0,786
2003	0,805	0,031	0,809	0,774	0,057	0,783	0,762	0,057	0,771	0,808	0,041	0,818	0,771	0,056	0,778
2004	0,831	0,040	0,837	0,789	0,072	0,803	0,773	0,072	0,784	0,838	0,041	0,846	0,769	0,067	0,780
2005	0,804	0,028	0,808	0,769	0,049	0,774	0,758	0,047	0,762	0,800	0,034	0,809	0,759	0,053	0,766
2006	0,851	0,036	0,856	0,805	0,061	0,810	0,791	0,058	0,796	0,844	0,045	0,853	0,781	0,071	0,791
2007	0,827	0,028	0,831	0,779	0,072	0,791	0,762	0,070	0,770	0,832	0,045	0,845	0,737	0,080	0,753
2008	0,786	0,031	0,791	0,760	0,058	0,772	0,747	0,059	0,755	0,799	0,033	0,807	0,734	0,064	0,741
2009	0,803	0,037	0,806	0,794	0,047	0,798	0,781	0,045	0,784	0,827	0,032	0,834	0,796	0,043	0,801
2010	0,849	0,028	0,852	0,839	0,041	0,842	0,829	0,039	0,831	0,867	0,03	0,872	0,835	0,041	0,843
2011	0,784	0,032	0,789	0,768	0,053	0,774	0,753	0,05	0,758	0,810	0,034	0,818	0,770	0,049	0,777
2012	0,823	0,045	0,829	0,816	0,056	0,821	0,801	0,053	0,806	0,858	0,040	0,864	0,812	0,053	0,821
2013	0,873	0,051	0,874	0,869	0,049	0,871	0,858	0,045	0,860	0,896	0,033	0,893	0,860	0,045	0,863
2014	0,868	0,061	0,872	0,875	0,053	0,877	0,866	0,053	0,868	0,902	0,047	0,896	0,868	0,049	0,873
2015	0,888	0,049	0,890	0,858	0,063	0,870	0,846	0,065	0,856	0,895	0,037	0,902	0,852	0,059	0,863
2016	0,862	0,033	0,865	0,844	0,049	0,855	0,836	0,051	0,845	0,870	0,033	0,874	0,845	0,047	0,853
2017	0,886	0,027	0,886	0,857	0,054	0,866	0,846	0,054	0,853	0,893	0,037	0,893	0,834	0,057	0,842

Т а б л и ц а 2. Среднегодовые статистические показатели *NDVI* для областей интереса

Область интереса	Min	Max	Range	Mean	Std	Variety	Majority	Minority	Median
1985–2017 гг.									
1	0,679	0,871	0,192	0,811	0,025	0,145	0,826	0,679	0,814
2	0,575	0,868	0,294	0,785	0,037	0,206	0,793	0,575	0,787
3	0,575	0,856	0,282	0,776	0,033	0,190	0,787	0,575	0,780
4	0,673	0,865	0,192	0,817	0,027	0,116	0,834	0,673	0,822
5	0,429	0,858	0,430	0,776	0,031	0,188	0,794	0,429	0,783
1988–1999 гг.									
1	0,606	0,861	0,255	0,783	0,032	0,178	0,810	0,606	0,789
2	0,501	0,847	0,346	0,767	0,039	0,219	0,780	0,501	0,774
3	0,537	0,845	0,308	0,763	0,037	0,203	0,772	0,537	0,770
4	0,630	0,843	0,213	0,783	0,032	0,136	0,793	0,630	0,790
5	0,353	0,837	0,484	0,752	0,039	0,231	0,767	0,353	0,759
2000–2017 гг.									
1	0,704	0,893	0,189	0,837	0,025	0,136	0,843	0,704	0,841
2	0,602	0,896	0,294	0,811	0,040	0,210	0,806	0,602	0,811
3	0,602	0,896	0,294	0,799	0,034	0,196	0,806	0,602	0,802
4	0,702	0,895	0,194	0,848	0,026	0,115	0,871	0,702	0,855
5	0,468	0,889	0,422	0,800	0,032	0,192	0,810	0,468	0,806

П р и м е ч а н и е . 1 – часть территории заказника «Дивин–Великий Лес»; 2 – сельскохозяйственные угодья МП «Днепробугский» с ОДУ в том числе: 3 – сельскохозяйственные угодья МП «Днепробугский»; 4 – ОДУ МП «Днепробугский»; 5 – сельскохозяйственные угодья без ОДУ.

тели индекса *NDVI* за период с 1985 по 2017 г., а также за два исследуемых подпериода (с 1988 по 1999 г. и с 2000 по 2017 г.) отражены на рис. 2.

Анализ показателей индекса *NDVI* и его динамики (табл. 1 и 2) позволил выявить ряд закономерностей. Наибольшие амплитуды средних значений индекса *NDVI* между областями интересов характерны для периода 1985–1987 гг., когда территория МП «Днепробугский» подвергалась гидролесомелиоративному освоению. В 1985 г. была сформирована мелиоративная сеть северной и южной частей МП «Днепробугский» и активно формировалась котловина водохранилища и мелиоративная сеть в центральной части МП. В 1986 г. завершилось формирование котловины водохранилища с инженерными сооружениями и мелиоративной и дорожной сети в центральной части. В 1987 г. гидролесомелиорации подвергся северо-восточный участок МП «Днепробугский».

Начиная с 1988 г. наблюдается закономерная корреляция между среднесезонными показателями *NDVI*, причем амплитуда данных показателей между различными областями интересов составляла от 0,02 до 0,05 (рис. 3). С 1989 до 2000 г. для среднесезонных показателей *NDVI* была характерна двухгодичная ритмичность, проявляющаяся в чередовании уменьшения среднесезонных показателей *NDVI* и их последующем увеличении через один год. Аналогичная тенденция характерна и для периода с 2002 по 2007 г. С 2007 до 2013 г. среднесезонные показатели *NDVI* изменялись по 4-летнему циклу: два года падения показателей и 2 года подъема. Данная 2- и 4-летняя цикличность объясняется климатическими изменениями.

В целом для всех пяти областей интереса характерно взаимосвязанное изменение индекса *NDVI*: для исследуемого периода с 1985 по 2017 г. характерна общая тенденция увеличения среднесезонных показателей *NDVI* во всех областях интереса, что и отражает линия тренда на графике (рис. 3).

Максимальные средние показатели *NDVI* характерны для территории заказника «Дивин–Великий Лес» и ОДУ МП «Днепробугский», что закономерно (сомкнутая древесная растительность характеризуется максимальными показателями индекса *NDVI*). На протяжении

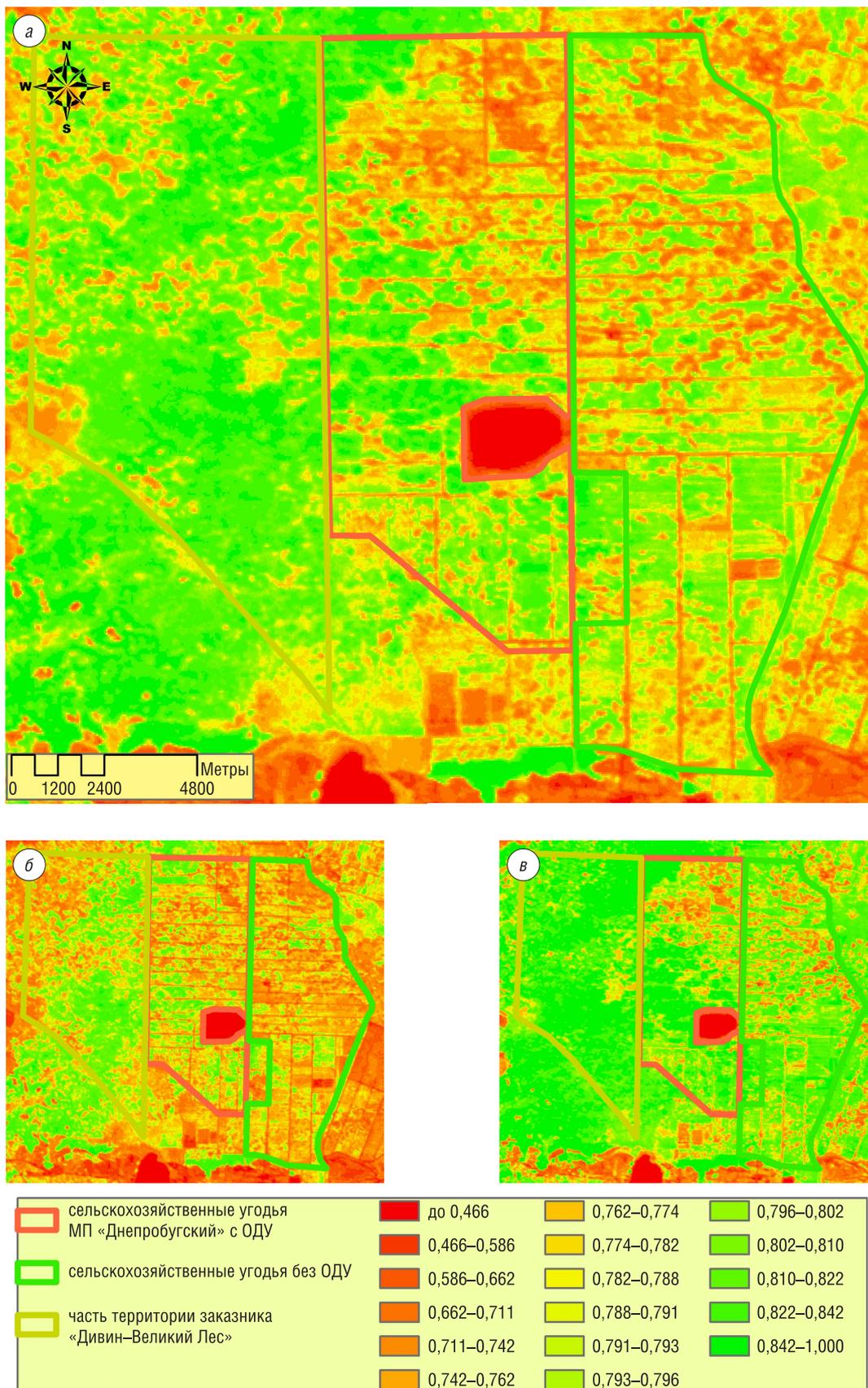


Рис. 2. Средние показатели индекса *NDVI* за периоды: а – с 1985 по 2017 г., б – с 1988 по 1999 г., в – с 2000 по 2017 г.

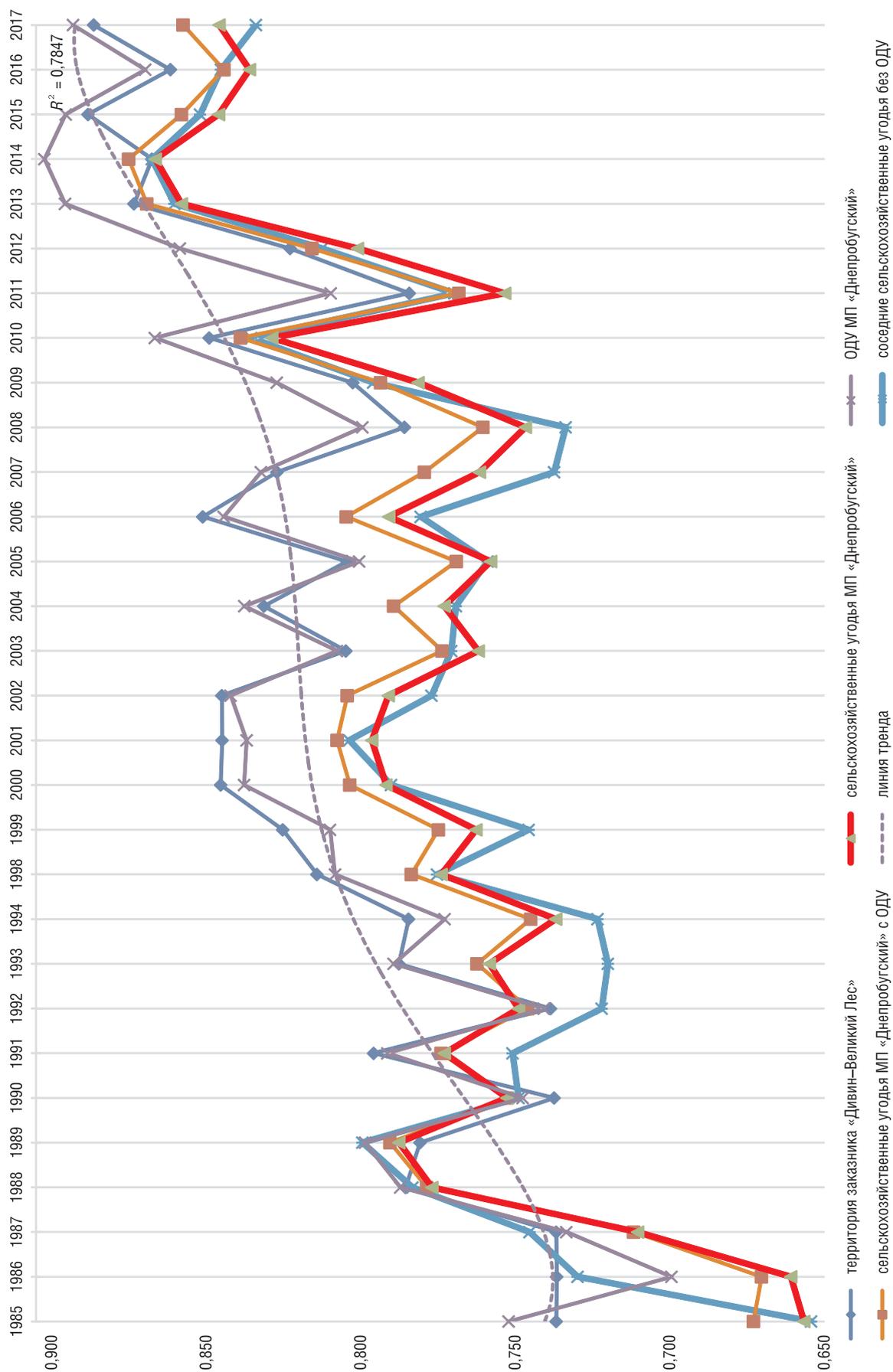


Рис. 3. Динамика среднесезонных показателей NDVI с 1985 по 2017 г.

с 1985 по 2017 г. для ОДУ МП «Днепробугский» характерны большие значения индекса *NDVI* по сравнению с территорией заказника «Дивин–Великий Лес» (0,817 и 0,811 соответственно). Если с 1988 по 1999 г. средние показатели *NDVI* ОДУ и заказника были идентичны (0,783), то с 2000 по 2017 г. среднегодовой показатель *NDVI* ОДУ МП «Днепробугский» стал значительно превосходить аналогичный показатель, характерный для территории заказника (0,848 и 0,837 соответственно). Это объясняется завершившимися процессами трансформации РП после гидролесомелиоративного воздействия и уменьшения переувлажненных территорий, индекс *NDVI* на которых изначально меньше, чем на переходных и автоморфных позициях ландшафта.

Сравнение динамики показателей индекса *NDVI* части территории заказника «Дивин–Великий Лес» и ОДУ МП «Днепробугский» определило ряд закономерностей. Минимальный показатель индекса *NDVI* для ландшафтов территории заказника в период с 1988 по 1999 г. был характерен для 1990 г. (0,737), максимальный – для 1999 г. (0,825). Для ОДУ МП «Днепробугский» в аналогичный период минимальный и максимальный показатели *NDVI* также характерны для 1988 и 1999 гг. (0,741 и 0,810 соответственно). В период с 2000 по 2017 г. минимальный показатель *NDVI* на территории заказника «Дивин–Великий Лес» характерен для 2011 г., максимальный – для 2015 г. (0,784 и 0,888 соответственно). Для ОДУ МП «Днепробугский» в аналогичный период минимальный и максимальный показатели *NDVI* характерны для 2008 и 2014 гг. (0,799 и 0,902 соответственно).

Сравнивая среднегодовые показатели *NDVI* сельскохозяйственных угодий МП «Днепробугский» и территории сельскохозяйственных угодий без ОДУ восточнее МП был выявлен ряд закономерностей (табл. 1). За весь исследуемый период с 1985 по 2017 г. среднегодовой показатель индекса *NDVI* для данных территорий идентичен (0,776). Однако в период с 1988 по 1999 г., когда территория МП «Днепробугский» была активно вовлечена в сельскохозяйственное производство, индекс *NDVI* сельскохозяйственных угодий МП «Днепробугский» отличается более высокими показателями по сравнению с сельскохозяйственными угодьями без ОДУ восточнее МП (0,763 и 0,752 соответственно). В период с 2000 по 2017 г. среднегодовой показатель *NDVI* для сельскохозяйственных угодий МП «Днепробугский» и сельскохозяйственных угодий без ОДУ восточнее МП практически идентичны (0,799 и 0,800 соответственно). Это объясняется в первую очередь тем, что часть сельскохозяйственных угодий МП «Днепробугский» подверглись деградации, повторному заболачиванию и подтоплению. Такие территории на начальной стадии трансформации отличаются пониженной биопродуктивностью, вследствие чего индекс *NDVI* для них будет ниже. При длительной (более 10–15 лет) деградации такие угодья трансформируются в лесные, и индекс *NDVI* в их границах резко повышается. Например, на рис. 2, в в центральной части МП западнее и северо-западнее водохранилища обширная ярко-зеленая зона является ОДУ с трансформированными в результате деградации бывшими сельскохозяйственными угодьями.

Для сельскохозяйственных угодий в составе МП «Днепробугский» в период с 1988 по 1999 г. минимальный показатель *NDVI* характерен для 1992 г., максимальный – для 1989 г. (0,749 и 0,788 соответственно). Для сельскохозяйственных угодий без ОДУ в аналогичный период минимальный и максимальный показатели *NDVI* также характерны для 1992 и 1989 гг. (0,722 и 0,799 соответственно). Для периода с 2000 по 2017 г. для сельскохозяйственных угодий в составе МП «Днепробугский» минимальный показатель *NDVI* характерен для 2011 г. (0,753), максимальный – для 2014 г. (0,866). Для сельскохозяйственных угодий без ОДУ восточнее МП минимальный показатель *NDVI* характерен для 2005 г. (0,759), максимальный – для 2014 г. (0,868).

Выводы

Сельскохозяйственные угодья, в состав которых включена значительная часть ОДУ, отличаются большей продуктивностью, чем сельскохозяйственные угодья без ОДУ при равных условиях (схожие севообороты, почвенный покров, гидрогеологические условия). Кроме того, сельскохозяйственные угодья, в составе которых присутствует значительная доля ОДУ (более 10 % от площади), изначально имеют менее выгодные условия в силу того, что на периферийные

зоны сельскохозяйственных полей негативно влияют факторы затенения и угнетения со стороны древесной растительности ОДУ (в том числе и краевой эффект), вследствие чего 20-метровая полоса сельскохозяйственных угодий по периметру ОДУ всегда будет характеризоваться меньшей биопродуктивностью. Положительное влияние ОДУ на микроклиматические показатели в границах мозаичных сельскохозяйственных угодий не только нивелирует последствия данного угнетения культурной растительности по периферии ОДУ, но в целом способствуют увеличению показателей биопродуктивности таких сельскохозяйственных угодий, что проявляется большими (до 10 %) показателями индекса *NDVI*. Вышеприведенная методика позволяет выявлять участки с самыми минимальными показателями вегетационного индекса, для которых целесообразна смена схемы природопользования.

Список использованных источников

1. Применение данных дистанционного зондирования с целью рационального использования земель в Российской Федерации / Г.И. Пенсаков [и др.] // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 10. – С. 24–38.
2. Пахучий, В. В. Использование вегетационных индексов для целей гидролесомелиоративных исследований / В. В. Пахучий, Л. М. Пахучая, Д. А. Шевелев // Лесной вестник. – 2016. – № 1. – С. 17–23.
3. Оценка эффективности землепользования в Брестской области на основе анализа вегетационных индексов : отчет о НИР (заключ.) / БрГУ им. А. С. Пушкина ; рук. В. А. Мороз. – Брест, 2012. – 65 с. – № ГР 20101867.
4. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS / J.W. Rouse [et al.] // Third ERTS Symposium. – NASA SP-351. – 1973. – Vol. 1. – P. 309–317.
5. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition / F. J. Kriegler [et al.] // Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan. – Ann Arbor, 1969. – P. 97–131.
6. ESPA – LSRD [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://espa.cr.usgs.gov/>. © espa.cr.usgs.gov – Дата доступа : 10.01.2018.

Поступила 05.03.2018