

# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ ВАРИИРОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ УРОЖАЙНОСТИ КУЛЬТУР В КОНТРАСТНЫХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**В.А. Нестеренко, к.с.-х.н., Н.И. Лозбенев,**  
**ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»**  
**119017, г. Москва, Пыжевский пер., д.7, стр.2,**  
**nesterenkov1t@yandex.ru<sup>1</sup>, [nlozbennev@mail.ru](mailto:nlozbennev@mail.ru)<sup>2</sup>, +7(965)-379-35-21<sup>1</sup>**

**Работа выполнена в рамках темы НИР № 0439-2022-0015**  
**«Инструментарий структурно-функционального анализа ландшафтов и**  
**регулирующих функций почв для целей территориального планирования»**

Рассматриваются вопросы развития методологии агроэкологической оценки земель и адаптивно-ландшафтного земледелия применительно к специфическим ландшафтным условиям лесостепи Окско-Донской низменности. Предлагается приложение реестра агроэкологических групп и видов земель Черноземья для количественной оценки плодородия земель и экономической эффективности возделывания культур при одном уровне интенсификации на значительной площади пашни.

**Ключевые слова:** адаптивно-ландшафтное земледелие, Окско-Донская низменность, реестр агроэкологических групп и видов земель, экономическая эффективность растениеводства.

Для цитирования: Нестеренко В.А., Лозбенев Н.И. Пространственно-временное варьирование фактической урожайности культур в контрастных агроэкологических условиях лесостепи Тамбовской области// Плодородие. – 2024. – №1. – С. 79-83. DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.20.

Стратегия научно-технологического развития России, принятая в 2016 г., ставит целью провести научную и технологическую трансформацию промышленности и сельского хозяйства России с учетом больших вызовов в мировой экономике [7]. Среди задач стратегии обозначены необходимость обеспечения продовольственной безопасности России, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе при условии сохранения благоприятного экологического состояния с учетом всё возрастающих рисков деградации земель [10]. Переход на интенсивные технологии предусматривает рациональное использование ресурсов пашни и дифференцированный подход к технологиям возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от свойств и потенциала почв.

Землеустроительные основы интенсификации агропромышленного производства зафиксированы в законе «О землеустройстве» [8]. В нем даны рамочные позиции без региональной конкретизации. В связи с этим необходимо проведение специальных региональных исследований эффективности ведения сельскохозяйственного производства с учетом ландшафтных особенностей территории. При такой задаче удачным инструментом выступает методология ландшафтного планирования [9] и ландшафтной экологии [10]. Более подробно аспект сельскохозяйственного землепользования рассматривается в проектах внутрихозяйственного землеустройства [3] и адаптивно-ландшафтного земледелия [4]. В последнем территориальная основа задаётся картами агроэкологических групп земель, позволяющими ранжировать территории по потенциальной продуктивности с позиций консервативных условий среды: морфолитогенной основы и структуры почвенного покрова [4]. Агроэкологическая группа земель представляет собой природно-антропогенный комплекс, формируемый путем объединения генетически и функционально связанных

агроэкологических видов земель. Агроэкологические виды земель – наименьшие единицы агроландшафта, приуроченные к одной микрокомбинации почвенного покрова, мезоформе рельефа и типу почвообразующих пород. Обязательным условием формирования группы земель является внутренняя однородность для возделывания сельскохозяйственных культур. Применительно к агроэкологическим группам земель формируют севообороты и агротехнологии. В масштабе крупных предприятий и муниципальных районов дифференцированный подход к земледелию позволяет повысить количество и качество продукции растениеводства.

Опыт оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в крупных сельскохозяйственных предприятиях ориентирует на формирование комплексной системы оценки сельскохозяйственных земель [5]. В комплексной оценке особое внимание обращают на учет потребностей растений во влаге, элементах питания и на условия произрастания, возможности и эффективность применения агротехнологий различного уровня интенсивности, требования землеустройства, формирование социальной среды на селе.

Исследования почв, их физических и химических свойств, генезиса и функционирования структур почвенного покрова помогают оценить потенциал и пригодность агроэкологической группы земель для возделывания сельскохозяйственных культур. В связи с появлением в последние годы массовых результатов учета урожайности культур в пределах крупных предприятий, использующих единую технологию возделывания культур, появилась возможность сопоставить урожайность и маржинальность возделывания основных культур с агроэкологическими группами земель отдельных регионов. Такие материалы применительно, преимущественно, к земледельческому Черноземью разработаны для Окско-Донской низменности в пределах Тамбовской

области и обеспечены экономическими результатами агрохолдинга ООО «Агротехнологии».

**Цель данной работы** – определить степень связи агроэкологических групп земель с фактической урожайностью сельскохозяйственных культур в лесостепи Окско-Донской низменности.

**Методика.** Ландшафтная структура региона достаточно специфична (рис.). Она приурочена к Окско-Донской низменности, сложенной мощной толщей лессовидных суглинков, подстилаемых водно-ледниковыми песками или бескарбонатной суглинистой мореной донского возраста. Широкие и плоские западинные междуречья обусловили формирование заболоченной и

сильногидроморфной агроэкологических групп земель с преобладанием лугово-черноземных и черноземно-луговых оглеенных почв на фоновых поверхностях и болотных почв в западинах с грунтовыми водами в пределах 1,5 м от поверхности в меженный период.

Немного более дренируемые средне- и слабогидроморфная группы земель с преобладанием лугово-черноземных глубокоглееватых почв и количеством заболоченных западин или западин с солодами и солонцами 50 и 25% соответственно. В пределах данной группы встречаются почвы с солонцеватыми горизонтами и солонцами по западинам. Они отнесены к солонцеватым подгруппам соответствующих групп земель.



Рис. Доминантные агроэкологические группы земель землепользования ООО «Агротехнологии»

Наиболее дренируемые пологонаклонные позиции рельефа занимают полугидроморфная и плакорная группы земель. Они характеризуются почти полным отсутствием западинного комплекса в своей структуре и преобладанием черноземных и луговато-черноземных неоглеенных почв. Дополнительный дренаж обеспечивают слабовогнутые ложбины, глубоко врезающиеся в междуречья с луговато-черноземными выщелоченными почвами. Эрозийная группа земель включает пахотные

склоны с участием слабосмытых черноземов и луговато-черноземных почв. Их доля в ландшафтной структуре невелика, что обусловлено низкими темпами смыва из-за плоского характера рельефа. Поймы рек отнесены к пойменной группе земель, в сельском хозяйстве они используются крайне ограниченно из-за продолжительного переувлажнения, также связанного с низким рельефом. Преимущественно они используются в качестве сенокосов.

Прибыль и окупаемость устанавливали с помощью метода расчета маржинальной прибыли.

**Результаты и их обсуждение.** Сопоставление агроэкологических групп земель и экономических показателей сельхозтоваропроизводителя проводилось на материалах действующего сельскохозяйственного предприятия общей площадью 100 тыс. га. Данные об урожайности на исследуемой территории предоставлены предприятием за период с 2017 по 2022 г. Сельскохозяйственное предприятие специализируется на выращивании сахарной свеклы. В период с 2017 по 2022 г. данная культура в структуре посевных площадей занимает от 22 до 33%. В условиях хозяйственной деятельности предприятия выращивают озимую и яровую пшеницу, сою, подсолнечник (табл. 1).

# 1. Структура посевных площадей предприятия в абсолютных и относительных величинах

Культура	Северная лесостепь		Средняя лесостепь	
	%	га	%	га
Сахарная свекла	25,6%	11 615	28,4%	10 426
Соя	30,5%	19 699	32,1%	19 900
Пшеница озимая	22,3%	8 787	22,6%	9 434
Пшеница яровая	18,0%	10 352	15,8%	7 652
Подсолнечник	3,6%	2 399	1,1%	1 236
<i>Итого</i>		52 852		48 648

Урожайность культур в зоне северной лесостепи (далее СЛ) и средней лесостепи (далее СрЛ) в среднем за 5 лет значительно различается (табл. 2). Установлено, что различия агроэкологических условий произрастания культур в большинстве существенно влияют на варьирование урожайности культур.

## 2. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от агроэкологических групп земель в ООО «Агротехнологии» (в среднем за 5 лет), ц/га

Агроэкологическая группа (АГ) земель	Северная лесостепь (СЛ)				Средняя лесостепь (СрЛ)			
	Площадь АГ под культурой, га	ц/га	Ст. ошибка, ц/га	Достоверность различий*	Площадь АГ под культурой, га	ц/га	Ст. ошибка, ц/га	Достоверность различий*
<i>Сахарная свекла</i>								
Плакорные	593,4	415,4	16,3	Да	4919,6	428,2	5,8	Да
Полугидроморфные	4269,8	408,0	5,2		2883,4	425,4	5,6	
Слабопереувлажненные	4699,9	377,0	5,1		3873,2	445,3	3,2	
Среднепереувлажненные	4214,1	381,2	10,2		1767,2	448,1	8,2	
Слабозерозированные					88,8	438,7	10,9	
Ср.взв. знач, ц/га		389,6				434,7		
<i>Соя</i>								
Плакорные	707,0	18,1	1,6	Да	6168,7	18,7	1,1	Да
Полугидроморфные	5087,1	16,9	1,2		3615,5	19,2	1,2	
Слабопереувлажненные	5599,5	16,5	1,3		4856,7	17,7	0,8	
Среднепереувлажненные	5020,8	16,5	1,2		2215,9	17,9	0,9	
Слабозерозированные					111,4	13,6	2,1	
Литогенные	206,8	15,3	1,6					
Ср.взв. знач, ц/га		16,7				18,4		
<i>Пшеница озимая</i>								
Плакорные	516,9	45,3	2,8	Нет	4343,1	44,7	2,1	Да
Полугидроморфные	3719,4	44,7	1,2		2545,5	57,1	2,8	
Слабопереувлажненные	4094,0	42,7	1,3		3419,3	45,2	2,6	
Среднепереувлажненные	3670,9	42,7	1,3		1560,1	46,4	3,5	
Слабозерозированные					78,4	40,2	4,9	
Литогенные	151,2	39,4	2,4					
Ср.взв. знач, ц/га		43,4				47,7		
<i>Пшеница яровая</i>								
Плакорные	417,2	40,2	2,6	Да	3036,3	35,7	1,1	Нет
Полугидроморфные	3002,2	39,9	1,5		1779,6	39,8	1,3	
Слабопереувлажненные	3304,6	38,2	1,4		2390,5	36,6	1,2	
Среднепереувлажненные	2963,1	37,4	1,6		1090,7	38,4	1,7	
Слабозерозированные					54,8	39,4	0,8	
Литогенные	122,0	26,7	2,4					
Ср.взв. знач, ц/га		38,4				37,2		
<i>Подсолнечник</i>								
Плакорные	83,4	33,9	0,6	Да	211,4	19,5	0,8	Да
Полугидроморфные	600,4	27,2	1,6		123,9	23,3	0,8	
Слабопереувлажненные	660,9	24,4	1,7		166,4	23,0	0,8	
Среднепереувлажненные	592,6	25,1	1,6		75,9	18,0	1,2	
Слабозерозированные					3,8			
Литогенные	24,4	22,7	2,4					
Ср.взв. знач, ц/га		25,9				21,0		

\*Достоверность попарных различий средних определялась с помощью непараметрического критерия Краскела – Уоллиса при p-value 0.1. Значение «Да» указывается при достоверности различий в урожайности между двумя или более агроэкологическими группами земель, «Нет» – в остальных случаях.

Урожайность основных сельскохозяйственных культур предприятия в пределах СЛ значительно ниже, чем в СрЛ, кроме подсолнечника и яровой пшеницы. Установлено, что доминирующей агрогруппой в СЛ является слабопереувлажненная. Снижение урожайности в условиях данной агрогруппы достоверно наблюдается на

сахарной свекле. Согласно полученным данным, урожайность напрямую зависит от гидроморфизма почв и варьируется от 415 ц/га на плакорных участках до 377-381 ц/га на слабо- и среднепереувлажненных почвах. Разница в урожайности сахарной свеклы между СЛ и СрЛ составляет в среднем 45,2 ц/га. Локальное

переувлажнение, повышенное количество осадков (табл. 3), особенности ландшафта с замкнутыми понижениями формируют неблагоприятные условия для возделывания данной культуры в зоне СЛ. Подобная тенденция наблюдается и на сое, где средняя урожайность в СЛ зоне составляет 16,7 ц/га и 18,4 ц/га в СрЛ предприятия. Средняя за 5 лет урожайность сои меньше чем на плакорных участках на 3 ц/га. Осимая пшеница на переувлажненных землях подвергается вымоканию в весенний период, что приводит к значительной потере урожая. В результате средняя урожайность за 5 лет в хозяйствах СЛ ниже на 4,3 ц/га в сравнении с зоной СрЛ. Показатели средней урожайности яровой пшеницы и подсолнечника показывают обратный результат за счет высоких урожаев на плакорных участках, но снижение выхода готовой продукции с поля наблюдается по изменению гидроморфности почв от 40,2 до 37,4 ц/га яровой пшеницы, от плакорных до среднепереувлажненных земель, а самая низкая урожайность установлена на литогенных комплексах, что является ожидаемым результатам, так же тенденция наблюдается и на подсолнечнике.

В зоне средней лесостепи, климатические условия близки к северной, но имеют некоторые отличия (табл. 3), что влияет не только на природу почвообразования, но и на урожайность культур. Сумма осадков за вегетационный период апрель-сентябрь в зоне СЛ составляет 442,8 мм в среднем за 5 лет, что на 37,9 мм ниже зоны СрЛ, а приход ФАР в СрЛ выше на 0,2 млрд. ккал/га, поэтому данная территория не испытывает такого избытка влаги в отличие от зоны северной лесостепи.

### 3. Распределение осадков и ФАР в пределах землепользования в северной и средней лесостепи

Месяц	ФАР, млрд. ккал/га		Осадки, мм	
	СЛ	СрЛ	СЛ	СрЛ
Январь	0,1216	0,1314	76,9	77,6
Февраль	0,2200	0,2259	64,2	66,7
Март	0,3661	0,3916	72,6	75,5
Апрель	0,5134	0,5505	90,6	76,3
Май	0,7709	0,8117	93,2	82,2
Июнь	0,9221	0,9405	81,0	76,7
Июль	0,8864	0,9096	82,4	83,4
Август	0,7567	0,7897	36,4	30,5
Сентябрь	0,4381	0,4748	59,3	55,9
Октябрь	0,2187	0,2350	64,7	60,3
Ноябрь	0,0982	0,1103	65,0	57,5
Декабрь	0,0735	0,0843	74,9	70,3
В среднем за вегетационный период	4,3	4,5	442,8	404,9

Распределение урожайности между агрогруппами СрЛ происходит иначе по сравнению с СЛ. В ходе исследований установлено, что урожайность сахарной свеклы возрастает по мере увеличения гидроморфизма почв от 425 до 448 ц/га, данная тенденция гипотетически связана с недостатком влаги на плакорных участках пашни в гербокритические фазы развития свеклы. Корневая система корнеплода способна достигать глубины 2-3 м и потреблять не только элементы питания в данной толще почвы, но и влагу.

Прибыль, полученная с единицы площади в условиях применения идентичных технологий, прямо пропорциональна урожайности (табл. 4).

Так, в условиях зоны СЛ прибыль зависит напрямую от гидроморфности почв, в зоне СрЛ на слабо- и

среднепереувлажненных участках отмечены наивысшие показатели прибыли (руб/га).

В большинстве случаев сельхозтоваропроизводители не дифференцируют технологии и подходы к выращиванию сельскохозяйственных культур в зависимости от особенностей почвенного покрова, в результате чего затраты распределяются одинаково по всем участкам предприятия. В ходе исследований установлено, что окупаемость затрат при выращивании сельскохозяйственных культур значительно различается между агрогруппами. Например, окупаемость затрат на выращивание 1 т пшеницы уменьшается от 21,7 руб/руб. на плакорных землях до 16,1 руб/руб. на литогенных в зоне СЛ, а себестоимость 1 т продукции возрастает с 2,5 тыс.руб. на плакорных участках до 2,9 тыс.руб. на литогенных землях, потерянная выгода составляет 400 руб. с 1 т зерна. Учитывая разницу в урожайности и валовую потерю с площади среднепереувлажненных участков в зоне СЛ, общие потери составили 12,7 млн руб., или 3,1 тыс. руб/га.

### 4. Зависимость полученной прибыли (руб/га) от агрогрупп земель на территории предприятия с учетом волатильности рынка, 2022 г.

Прибыль без учета ФОТ, тыс. руб/га							
Зона	Агро-группа*	Площадь, га	Сахарная свекла	Соя	Пшеница яровая	Пшеница озимая	Подсолнечник
СЛ	1	2,3	101,8	42,7	40,9	42,4	75,5
	2	16,7	99,3	38,6	40,7	41,8	58,1
	3	18,4	88,7	37,2	38,7	39,4	51,1
	4	16,4	90,2	37,5	37,7	39,4	52,9
	5	0,7	н/д	33,3	24,9	35,5	46,7
СрЛ	1	19,2	105,3	44,4	35,7	41,7	38,5
	2	11,3	106,2	46,1	40,5	56,6	48,1
	3	15,1	112,1	41,3	36,8	42,4	47,5
	4	6,9	113,0	42,1	38,8	43,8	34,6
	6	0,3	109,8	27,8	40,1	36,5	

\*Агрогруппы земель: 1-плакорные, 2- полугидроморфные, 3-слабопереувлажненные, 4- среднепереувлажненные, 5- литогенные, 6-слабо-эрозийные.

На основании проведенных исследований можно заключить, что эффективность прямых затрат на производство продукции растениеводства в зоне СЛ наивысшая на плакорных участках пашни, а в зоне СрЛ – на слабопереувлажненных и полугидроморфных почвах.

Согласно данным исследования, необходим дифференцированный подход к выращиванию сельскохозяйственных культур в зависимости от агроэкологических групп земель. В рамках предприятия ООО «Агротехнологии» возможно перераспределение прямых затрат на производство 1 т продукции и на 1 га с целью получения дополнительной прибыли до 3-4 тыс. руб/га.

Необходимы инициативы региональных органов управления сельским хозяйством и земельными ресурсами по организации работ по оценке земель для определения продуктивности пашни. В рамках данной работы необходимо создавать региональные проекты по формированию моделей уровня плодородия почв и подбора систем технологий выращивания сельскохозяйственных культур с целью оптимизации прямых затрат и получения дополнительного объема готовой продукции с 1 га.

В нашем случае в предприятии было потеряно 400 руб. с 1 т зерна, в 2022 г. валовый сбор пшеницы в РФ составил 104,4 млн т, в Тамбовской области 2,01 млн т. Возможная потеря в денежном эквиваленте в



Тамбовской области может составить 754 млн руб. не эффективно использованных средств на выращивание продукции растениеводства.

**Заключение.** Агроэкологическая группировка земель на ландшафтно-экологической основе – действенный инструмент дифференциации условий произрастания культур в лесостепи Русской равнины.

Эффективность прямых затрат на производство продукции растениеводства и рентабельность наивысшие на плакорных землях в условиях избыточного увлажнения (в зоне северной лесостепи), а при недостаточном увлажнении (зона средней лесостепи) – на полугидроморфных и слабопереувлажненных землях. К выращиванию сельскохозяйственных культур необходим дифференцированный подход. В рамках конкретного предприятия возможно перераспределение прямых затрат на производство 1 т продукции с 1 га с целью получения дополнительной прибыли до 20%.

В результате исследований установлено, что в условиях северной лесостепи наблюдается тенденция снижения урожайности и соответственно прибыли на гектар по мере нарастания гидроморфизма почв – от 0,2 до 10% на сое и от 6 до 31% на озимой пшенице и подсолнечнике. Прибыль от возделывания сахарной свеклы на плакорных участках пашни на 4,5% ниже, чем на полугидроморфных, в среднем за пять лет. Однако с дальнейшим усилением гидроморфизма доходность снижается на 15%. Отрицательная отзывчивость культур на литогенные комплексы варьирует от 17,5 до 43% на всех культурах, исключая сахарную свеклу, которую не выращивали на данной агрогруппе земель.

В пределах средней лесостепи на усиление гидроморфизма положительно откликаются сахарная свекла, яровая пшеница, подсолнечник, что приводит к увеличению доходной части от 5 до 20 % на полугидроморфных и

слабопереувлажненных почвах относительно плакорных земель. Максимальная отзывчивость установлена при выращивании подсолнечника на полугидроморфных почвах, что увеличило доход на 9,6 тыс. руб/га.

Считаем, что необходимы инициативы со стороны региональных органов управления сельским хозяйством и земельными ресурсами в рамках организации работ по оценке земель для определения продуктивности пашни. Требуется создавать региональные проекты по формированию моделей уровня плодородия почв и подбора систем технологий выращивания сельскохозяйственных культур с целью оптимизации прямых затрат и получения дополнительной готовой продукции.

#### Литература

1. Белгородская модель адаптивно-ландшафтного земледелия/ Под ред. В.И. Кирюшина, С.В. Лукина, В.Д. Соловиченко и др. – Белгород: Константа, 2019.
2. ГОСТ Р 70229-2022 Почвы. Показатели качества почв URL: [https://allgosts.ru/13/080/gost\\_r\\_70229-2022](https://allgosts.ru/13/080/gost_r_70229-2022) (дата последнего обращения: 24.07.2023)
3. Дубенок Н.К., Шуляк А.С. Землеустройство с основами геодезии. – М.: Колос, 2001.
4. Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия. – М., 2005.
5. Кирюшин В.И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. – СПб., 2018. – 568 с.
6. Кирюшин В.И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель// Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 871–879.
7. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата последнего обращения: 24.07.2023)
8. Федеральный закон "О землеустройстве" от 18.06.2001 №78-ФЗ (последняя редакция) [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_32132/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32132/)
9. Хорошев А.В. Ландшафтно-экологическое планирование. Учебник для вузов, 2023. – 261 с.
10. FAO: Agriculture statistics. URL: <https://www.fao.org/food-agriculture-statistics/en/> (дата последнего обращения: 24.07.2023)
11. Turner MG, Gardner RH, O'Neill RV (2001). Landscape Ecology in Theory and Practice. New York, NY, USA: Springer-Verlag.

#### SPATIAL AND TEMPORAL VARIATION OF THE ACTUAL CROP YIELD IN CONTRASTING AGROECOLOGICAL CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE TAMBOV REGION

Nesterenko V.A<sup>1</sup>, PhD, Lozbenov N.I.<sup>2</sup>,

V.V. Dokuchaev Soil Institute, 119017, Moscow, Pyzhevsky Lane, 7, p.2,

<sup>1</sup>nesterenkov1t@yandex.ru, +7(965)-379-35-21, <sup>2</sup>nlozbenov@mail.ru

*The paper deals with the development of the methodology of agroecological assessment of lands and adaptive landscape farming in relation to the specific landscape conditions of the forest steppe of the Oka-Don lowland. It is proposed to apply a register of agroecological groups and types of land of the Chernozem region to quantify the fertility of land and the economic efficiency of crop cultivation at similar level of intensification in a large-scale study.*

*Keywords: adaptive landscape agriculture, Oksko-Don lowland, register of agroecological groups and types of land, economic efficiency of crop production.*