

## 2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 633:631.8

### ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАШНИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

**И.М. Богдевич, Н.Д. Терещенко**

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

#### ВВЕДЕНИЕ

Удобрения являются важным и неотъемлемым фактором интенсификации земледелия, так как в сочетании со средствами защиты растений обеспечивают около половины формируемого урожая сельскохозяйственных культур [1-2]. Воспроизводство плодородия почв в современных условиях также невозможно без рационального использования минеральных и органических удобрений [3].

Осуществление мероприятий Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 годы обеспечило заметную положительную динамику развития аграрной отрасли. По сравнению с предшествовавшим периодом увеличилось производство всех видов сельскохозяйственной продукции: зерна, картофеля, овощей, сахарной свеклы, льна, кормов, молока и мяса. В целом, среднегодовые темпы роста валового продукта в сельскохозяйственных организациях республики за период 2005-2008 гг. были в пределах 106-114%.

Однако, вследствие высоких удельных затрат на конечную продукцию экономика аграрной отрасли остается сложной. Главная проблема состоит в недостаточной эффективности используемых средств интенсификации производства. Например, генетический потенциал сельскохозяйственных культур, полученный в системе государственного сортоиспытания на основе использования новых сортов и технологий возделывания, достигший уровня более 80 ц/га зерновых, свыше 380 ц/га картофеля, более 800 ц/га сахарной свеклы и адекватной урожайности кормовых культур, реализован в производстве в среднем не более, чем на 50% [4]. Поэтому закономерно, что удельная прибыль на баллогектар сельскохозяйственных земель, по оценке академика В.Г. Гусакова, за период 2004-2007 гг. была в пределах 2,1-4,7 тыс. руб., что многократно меньше норматива самоокупаемости производства, составляющего 25 тыс. руб. [5].

В связи с неизбежным, постоянным удорожанием энерготехнических ресурсов возрастает значимость окупаемости затрат на удобрения прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур. Важным условием рационального применения минеральных удобрений является оценка их эффективности.

Цель исследований – дать количественную оценку влияния почвенно-агрохимических и экономических факторов на эффективность минеральных удобрений и суммарную продуктивность сельскохозяйственных культур на пахотных землях в условиях производства. Эффективность минеральных удобрений, вносимых под зерновые культуры, в зависимости от плодородия почв и ряда хозяй-

ственных условий рассмотрена в предыдущих публикациях [6, 7]. В настоящей работе обсуждаются пути повышения продуктивности пашни и эффективности удобрений на основе учета плодородия почв и экономических факторов.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве количественных характеристик исследуемых факторов взяты следующие показатели:

- продуктивность или суммарная урожайность всех культур на пашне, к.ед. ц/га;
- уровень плодородия почв – (балл пашни, содержание подвижных форм фосфора и калия, мг/кг, доля кислых почв рН менее 5,0, %, доля осушенных (мелиорированных) земель, %);
- дозы минеральных удобрений (NPK, кг/га);
- затраты труда, человеко-часов, и материально-денежных средств, долларов США на 1 га посева;
- обеспеченность трудовыми ресурсами, из расчета среднегодовых работников на 1000 га пашни, в том числе квалифицированными специалистами;
- окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая, к.ед.;
- прибыль за счет минеральных удобрений, долларов США на 1 га посева.

Оценка агрономической эффективности удобрений базируется на предварительном прогнозировании продуктивности пашни, которое определяется как сумма слагаемых, обусловленная потенциальным плодородием почв и нормативной прибавкой урожая от внесенных удобрений, дифференцированной по показателям (баллам) плодородия почв. Расчет показателей экономической эффективности удобрений проводили на основании соответствующих методик Института почвоведения и агрохимии [8, 9]. Используются текущие цены на продукцию и удобрения. В целях большей сравнимости результатов по годам расчеты проведены в условных единицах – долларах США.

Оценка зависимости окупаемости удобрений от почвенно-агрохимических факторов проведена на материале крупномасштабного обследования пахотных почв и отчетно-статистических данных о внесении удобрений и суммарной продуктивности сельскохозяйственных культур в кормовых единицах с гектара посева на уровне районов и хозяйств. Собран, верифицирован и проанализирован массив данных по 247 сельскохозяйственным предприятиям Гомельской области за период 2001-2005 гг. и по всем районам республики за период 2004-2008 гг. Для обработки исходных данных использованы метод статистических группировок, корреляционный и регрессионный анализы, которые дают возможность установить степень тесноты, характер и количественные характеристики взаимосвязи между исследуемыми факторами.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В последние годы наблюдается существенное увеличение капиталовложений, обусловленное техническим перевооружением сельскохозяйственного производства, согласно задачам Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 гг. Одновременно повысились дозы вносимых минеральных удобрений, улучшилась защита растений, повысилось качество подго-

товки почв и ухода за посевами. Новые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, выведенные отечественными селекционерами, весьма отзывчивы на факторы интенсификации. Суммарный выход растениеводческой продукции в кормовых единицах с гектара пашни повысился с 28,8 ц в 2001 до 49,4 ц в 2008 году, или в 1,7 раза (рис.1).

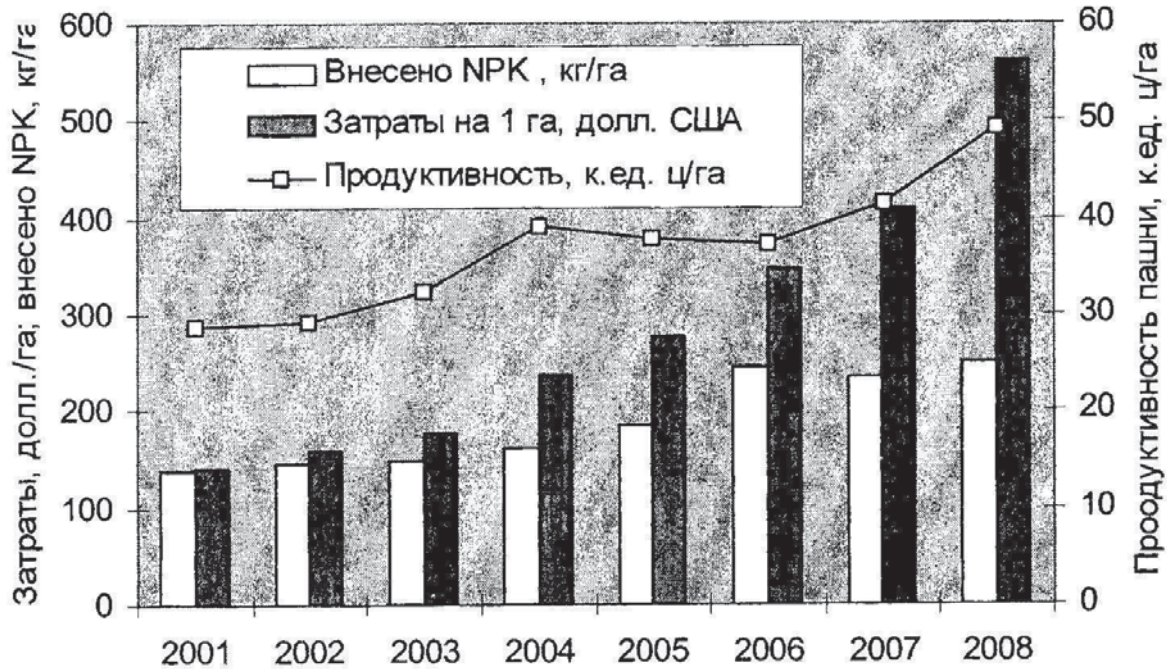


Рис.1. Динамика продуктивности пашни Беларуси (к.ед. т/га) в сопоставлении с количеством внесенных минеральных удобрений (NPK, кг/га) и стоимостью всех затрат в долларах США на гектар посева

Однако стоимость материально-денежных затрат на гектар посева за этот же период возросла в 4 раза и составила в 2008 году 561 доллар США. В результате себестоимость 1 тонны кормовых единиц суммарного сбора растениеводческой продукции повысилась в 2,3 раза и достигла 114 долларов в 2008 году.

Переход к рыночным условиям диктует дополнительные требования, прежде всего, производить конкурентоспособную продукцию. Это значит, что конечные продукты растениеводческой и животноводческой отрасли должны обладать высоким качеством при меньших затратах средств интенсификации [2].

Низкий естественный уровень плодородия почв Беларуси обусловил тесную зависимость продуктивности пахотных почв от количества элементов питания, внесенных с минеральными и органическими удобрениями. Около 52% урожая растениеводческой продукции формируется в настоящее время за счет минеральных и органических удобрений. Несомненно, что в нынешней ситуации высока значимость рационального использования удобрений и повышения их эффективности. Прежде всего, важно исследовать влияние основных факторов, определяющих различия в продуктивности пашни и окупаемости удобрений по районам и хозяйствам. В целях исключения маскирующего влияния погодных условий для исследования использованы средние показатели продуктивности пашни и эффективности минеральных удобрений за пятилетний период по районам Беларуси. В таблице 1 представлена группировка районов по показателю продуктивности пашни.

**Среднегодовая продуктивность пашни за 2004-2008 гг.  
по группам районов Беларуси  
в сопоставлении с баллом плодородия и дозами удобрений**

Группы районов по продуктивности к.ед., ц/га	Количество районов	Продуктивность, ц/га к.ед.	Балл плодородия	Внесено на 1 га посевов				
				навоза, тонн	минеральных удобрений, кг			
					NPК	N	P	K
< 30,0	16	28,0	26,3	4,9	194	68	31	95
30,1-40,0	59	34,4	29,7	5,4	205	76	32	97
40,1-50,0	28	45,0	32,6	8,1	230	90	36	104
>50,0	15	61,3	36,8	11,3	280	114	46	120
<b>Всего</b>	<b>118</b>	<b>41,1</b>	<b>31,2</b>	<b>6,9</b>	<b>216</b>	<b>83</b>	<b>35</b>	<b>98</b>

В 16 районах средняя продуктивность пашни была менее 30 ц к. ед. с гектара, а в 15 районах получено свыше 50 ц/га. Наиболее многочисленными были группы районов с продуктивностью 30,1-40,0 ц/га (59) и 40,1-50,0 ц/га (28 районов). Из данных табл.1 видно, что величина продуктивности пашни в сильной степени определялась уровнем плодородия пахотных почв, дозами внесения органических и минеральных удобрений.

Среднегодовая продуктивность пашни находилась в тесной положительной линейной связи с баллом плодородия почв ( $R^2 = 0,60$ ) и описывалась уравнением  $Y = -26,4 + 2,138 B$ ,

где  $Y$  – продуктивность к. ед. ц/га,  $B$  – балл пашни. Это значит, что повышение уровня плодородия почв на 1 балл (в диапазоне 20-42 баллов) сопровождалось повышением продуктивности пашни на 2,138 ц/га.

Продуктивность пашни в районах повышалась по мере повышения среднегодовой дозы внесения навоза на гектар пашни в диапазоне от 1,7 до 15,2 т. Уравнение регрессии:  $Y = 22,8 + 2,4717 H$  ( $R^2 = 0,48$ ), где  $H$  – среднегодовая доза навоза, т/га.

За период 2004-2008 гг. среднегодовые дозы минеральных удобрений (суммы NPK) различались по районам от 150 до 348 кг/га. Продуктивность пашни была в положительной корреляционной связи ( $R^2 = 0,42$ ) с дозами минеральных удобрений и повышалась согласно уравнению:

$Y = 3,6 + 0,1637 D$ , где  $D$  – среднегодовая доза NPK кг/га.

В целом, продуктивность пашни по районам Беларуси была на 77% обусловлена различиями вышеперечисленных факторов и описывалась уравнением  $Y = -28,3 + 1,50 B + 0,858 H + 0,072 D$ ,  $R^2 = 0,77$ . Это уравнение, показывающее зависимости при уровне значимости мене 0,01, может быть использовано при планировании (прогнозе) продуктивности пашни на региональном уровне.

Окупаемость минеральных удобрений под все сельскохозяйственные культуры, возделываемые на пашне, выражается прибавкой продуктивности в кормовых единицах на один килограмм NPK. Исходя из нормативов, на пахотных почвах Беларуси окупаемость 1 кг суммы NPK должна составить не менее 7,9 к.ед. За период 2004-2008 гг. она составила в среднем 8,3 к. ед. с колебаниями более чем вдвое по группам районов (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели плодородия почв по группам районов Беларуси с различной окупаемостью минеральных удобрений прибавкой продуктивности пашни (среднее за 2004-2008 гг.)**

Группы по прибавке на 1 кг NPK, к. ед.	Количество районов	Прибавка на 1 кг NPK, к. ед.	Балл плодородия пашни	Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы		Доля в пашне, %	
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	кислых почв рН <5,0	осушенных почв
< 6,0	7	5,6	25,5	158	162	8,8	39,0
6,1-8,0	61	6,9	29,0	157	187	4,5	27,0
8,1-10,0	42	8,9	33,0	134	193	4,7	17,4
> 10,0	8	11,5	37,9	195	213	5,0	10,8
<b>Всего</b>	<b>118</b>	<b>8,3</b>	<b>31,2</b>	<b>180</b>	<b>191</b>	<b>4,8</b>	<b>23,2</b>

В группе из семи районов окупаемость удобрений составила 5,6 к.ед., или 84% от норматива 6,7 для балла плодородия 25,5. В наиболее многочисленной группе (61 район) со средним баллом плодородия 29, норматив окупаемости составляет 7,5 к.ед. Фактически в этой группе районов получено 6,9 к. ед. на каждый кг NPK удобрений, или 93% к нормативу. В группе 42 районов со средним показателем плодородия 33 балла окупаемость 1 кг минеральных удобрений была на уровне 8,9 к. ед., или 107% к нормативу. И, наконец, в группе 8 районов, с наибольшей окупаемостью удобрений 11,5 к. ед. на 1 кг NPK, норматив выполнен на 123%.

В целом по всем районам различия в окупаемости удобрений на пашне, в основном ( $R^2 = 0,62$ ), обусловлены величиной балла плодородия почв и среднегодовой дозой органических удобрений. Уравнение:  $Y = -1,03 + 0,271 B + 0,082 H$ , где  $Y$  – прибавка к. ед. на 1 кг NPK,  $B$  – балл пашни,  $H$  – среднегодовая доза навоза, т/га. Показатели окупаемости удобрений прибавкой продуктивности пашни увеличивались в районах с повышенной обеспеченностью почв подвижными формами фосфора и калия и, наоборот, снижались по мере повышения доли кислых почв, что согласуется с ранее установленными закономерностями в полевых опытах [10]. Начало проявляться пока небольшое, но достоверное снижение эффективности удобрений в районах по мере увеличения доли осушенных почв в составе пахотных земель (рис. 2).

Снижение эффективности минеральных удобрений на осушенных землях является следствием старения мелиоративных систем и постепенного увеличения доли полей с неблагоприятным водным режимом. Кроме того, известно, что зерновые культуры, картофель, кукуруза на осушенных землях в большей степени страдают от неблагоприятных погодных явлений. По данным академика В.Ф. Логинова интенсивная осушительная мелиорация Полесья оказала негативное влияние на климат этого региона и Беларуси в целом [11, 12]. На осушенных и прилегающих землях растения стали более подвержены засухе и заморозкам.

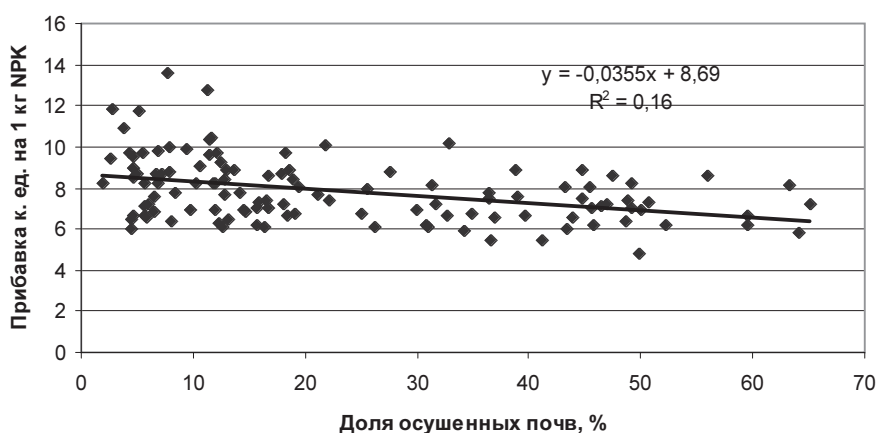


Рис. 2. Прибавка продуктивности к. ед. на 1 кг NPK внесенных удобрений в зависимости от доли осушенных пахотных почв по районам Беларуси (среднее 2004-2008 гг.)

Результаты экономической эффективности минеральных удобрений, в первую очередь, зависят от уровня окупаемости каждого кг NPK прибавкой продуктивности пашни, что можно видеть на примере группировки районов Беларуси по этому показателю (рис.3). Дозы минеральных удобрений в 2008 году, равно как и стоимость всех затрат на применение удобрений и уборку прибавки урожая, мало различались по приведенным группам районов. Однако прибыль на гектар посева различалась более чем на порядок. В первой группе из четырех районов, где окупаемость 1 кг NPK была менее 6,0 к.ед., средняя прибыль от применения удобрений составила только 18 долларов, а в Лельчицком районе даже получен убыток 11 долларов. Во второй группе из 53 районов, с окупаемостью 1 кг NPK 6,1-8,0 к.ед., средняя прибыль составила 58 долларов. В третьей группе (35 районов), с окупаемостью 1 кг NPK 8,1-10,0 к.ед., получена уже заметная средняя прибыль 99 долларов. И только в четвертой группе (26 районов), при окупаемости 1 кг NPK 10,1-15,4 к.ед., получена средняя прибыль 184 доллара на гектар посева, соизмеримая с затратами на удобрения, при среднем показателе рентабельности 64%.

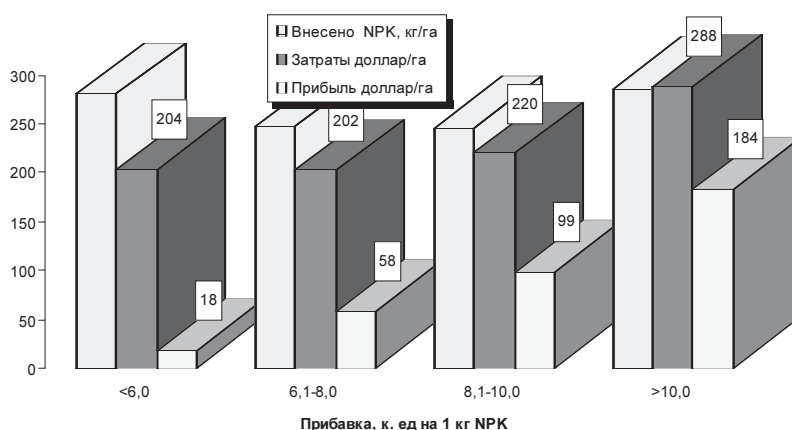


Рис.3. Дозы минеральных удобрений, затраты на их применение и прибыль по группам районов Беларуси в 2008 году, в зависимости от прибавки продуктивности пашни к. ед. на 1 кг NPK

Еще большие различия наблюдаются на уровне сельскохозяйственных предприятий. Для исследования использованы средние показатели урожайности всех сельскохозяйственных культур на пашне за пять лет по 247 хозяйствам Гомельской области, сравнимым по площади землепользования за 2001-2005 гг. Все хозяйства были разделены на 6 групп по величине продуктивности пашни (табл.3).

Таблица 3

**Зависимость продуктивности пашни от балла плодородия почв и удобрений по группам хозяйств Гомельской области (2001-2005 гг.)**

Группы хозяйств по продуктивности к.ед., ц/га	Количество хозяйств в группе	Продуктивность, к.ед. ц/га	Балл плодородия пашни	Внесено на 1 га посева				
				навоз, тонн	минеральных удобрений, кг			
					NPK	N	P	K
< 30,0	45	26,2	30,4	3,4	130	39	19	72
30,1-40,0	107	35,1	30,2	5,9	159	49	26	84
40,1-50,0	52	44,3	29,4	7,4	176	57	28	91
50,1-60,0	28	54,5	30,7	8,5	192	60	31	102
60,1-70,0	11	64,2	34,8	9,9	231	69	40	123
>70,0	4	79,1	33,7	14,2	248	75	49	124
<b>Всего</b>	<b>247</b>	<b>39,6</b>	<b>30,4</b>	<b>6,4</b>	<b>166</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>88</b>

Продуктивность пашни сильно различалась по хозяйствам. В 45 хозяйствах выход кормовых единиц был менее 30 ц/га. Наиболее многочисленными были группы хозяйств с продуктивностью 30,1-40,0 ц/га (107) и 40,1-50,0 ц/га (52 хозяйства). А в 4 хозяйствах среднегодовая продуктивность пашни превысила уровень 70 ц/га.

Различия в продуктивности пашни, прежде всего, обусловлены дозами вносимых органических и минеральных удобрений, которые существенно различались по всем шести группам хозяйств. Связь продуктивности с баллом плодородия и его составляющими агрохимическими показателями менее тесная.

Продуктивность пашни в хозяйствах закономерно повышалась по параболической затухающей кривой по мере повышения среднегодового уровня внесения навоза на гектар пашни в диапазоне от 0,9 до 25,8 т. Уравнение регрессии:  $Y \text{ к. ед. ц/га} = 15,2 + 5,0X - 0,1438 X^2$ , где  $X$  – доза навоза, т/га ( $R^2 = 0,48$ ). Расчетный максимум урожайности, согласно уравнению, наблюдался при среднегодовой дозе навоза 17,4 тонн на гектар пашни.

За период 2001-2005 гг., в среднем по Гомельской области, под все сельскохозяйственные культуры на пашне было внесено 166 кг/га элементов питания (NPK) минеральных удобрений. Среднегодовые дозы удобрений различались по хозяйствам от 65 до 434 кг/га. Продуктивность пашни была в достоверной корреляционной связи с дозами минеральных удобрений и повышалась согласно уравнению:  $Y \text{ к. ед. ц/га} = 17,9 + 0,1661X - 0,0002X^2$ , где  $X$  – среднегодовая доза NPK кг/га ( $R^2 = 0,21$ ).

Продуктивность пашни по группам хозяйств также хорошо сочетается с рядом экономических показателей (табл. 4). Очевидно, что различия хозяйств в энерговооруженности, обеспеченности рабочей силой и специалистами играют значительную роль в достижении высокого уровня продуктивности пахотных почв.

Таблица 4

**Обеспеченность материальными и трудовыми ресурсами по группам хозяйств Гомельской области с разной урожайностью всех сельскохозяйственных культур на пашне (2001-2005 гг.)**

Группы хозяйств по продуктивности пашни, к.ед. ц/га	Стоимость всех затрат на 1 га, долл. США	Энерговооруженность на 100 га пашни, л.с.	Среднегодовых работников на 1000 га пашни		Затраты труда на 1 га, чел.-ч
			всего	из них специалистов	
< 30,0	144	377	61	10	26
30,1-40,0	198	436	79	15	36
40,1-50,0	242	533	98	19	44
50,1-60,0	284	622	107	19	51
60,1-70,0	293	594	135	21	72
>70,0	348	937	155	26	79
По выборке	213,4	481	86	16	40

Сумма материально-денежных затрат на гектар посева является интегральной характеристикой интенсификации производства растениеводческой продукции и в наибольшей степени коррелирует с уровнем продуктивности пашни ( $R^2=0.48$ ). Продуктивность пашни повышалась в диапазоне изменения затрат от 70 до 400 долларов. Только несколько специализированных хозяйств имели затраты от 400 до 666 долларов на га. Однако уже эти сверхзатраты (при производстве овощей и др.) не сопровождались прибавкой продуктивности пашни.

В разработанной на базе совокупной выборки (247 хозяйств) множественной регрессии формирования продуктивности пашни ц/га к.ед. ( $Y$ ) учтены наиболее значимые факторы:

- качественная характеристика пахотных почв ( $X_1$  – балл плодородия);
- средства интенсификации земледелия – внесение удобрений ( $X_2$ ,  $X_3$  соответственно, внесение навоза т/га и минеральных удобрений суммы NPK, кг/га);
- уровень интенсификации отрасли ( $X_4$  – сумма материально-денежных затрат на 1 га посева,  $X_5$  – затраты труда, чел.-ч на 1 га);
- условия производства ( $X_6$  и  $X_7$  – наличие работников на 1 тыс. га пашни,  $X_8$  – энергетических мощностей на 100 га пашни, л.с.).

Уравнение множественной регрессии имеет следующий вид:

$$Y = 4,4 + 0,3346 X_1 + 0,8798 X_2 + 0,0120 X_3 + 0,0444 X_4 + 0,0890 X_5 + 0,0187 X_6 + 0,0058 X_7$$

( $R^2 = 0,55$ ,  $P < 0,01$ ).

В целом, вариация результативного показателя объясняется изменением учетных факторов на 55%. В нашем случае модель является устойчивой.

В представленной выше производственной функции количественное влияние факторов на результативный показатель выражено коэффициентами регрессии. К примеру, с повышением оценки плодородия пахотных земель на 1 балл, продуктивность их прирастает на 33 к.ед., с увеличением дозы внесения навоза на 1 т/га – продуктивность гектара повышается на 88 к. ед. и так далее.

Следует отметить устойчивую тенденцию к повышению продуктивности пашни по мере увеличения затрат труда на гектар посева. Здесь обращает внимание весьма большой диапазон затрат труда на единицу площади посева, который различается в 3 раза по группам хозяйств (табл. 4) и изменяется на порядок по отдельным хозяйствам: от 10 до 166 чел.-часов на 1 га. Разумеется, что все это – следствие большой доли ручного труда и больших различий в обеспеченности хозяйств средствами механизации.

Известно, что экономический закон роста производительности труда обуславливает потребности постоянного развития и укрепления материально-технической базы сельскохозяйственного производства, которая является материальной основой совершенствования производственных отношений [13]. И в то же время не наблюдается достоверной связи продуктивности пашни со стоимостью основных фондов в расчете на 100 га пахотных земель, что может быть объяснимо «информационным шумом», вызванным многократными переоценками стоимости устаревших построек, техники и технологического оборудования.

Окупаемость минеральных удобрений под все сельскохозяйственные культуры, возделываемые на пашне Гомельской области, согласно принятым нормативам, должна составить не менее 7,7 к.ед. на один килограмм NPK. За период 2001-2005 гг. она составила, в среднем, 8,9 к.ед. с различиями от 3,1 до 18,1 к.ед. по отдельным хозяйствам. В табл. 5 представлены показатели плодородия пахотных почв по группам хозяйств, ранжированных по окупаемости минеральных удобрений.

Таблица 5

**Показатели плодородия почв по группам хозяйств Гомельской области с различной окупаемостью минеральных удобрений прибавкой продуктивности пашни**

Группы по прибавке на 1 кг NPK, к. ед.	Хозяйств в группе		Прибавка к. ед. на 1 кг NPK	Балл плодородия пашни	Средневзвешенное содержание, мг/кг		Доля в пашне, %	
	количество	%			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	кислых почв	осушенных земель
< 6,0	12	5	5,5	27,5	259	201	8,7	21,5
6,1-8,0	86	35	7,2	30,5	227	205	6,4	15,9
8,1-10,0	82	33	9,0	30,0	217	197	6,7	27,3
10,1-12,0	44	18	10,9	29,8	203	187	7,3	27,8
12,1-14,0	18	7	12,7	33,2	244	243	6,3	29,2
> 14,0	5	2	15,6	36,8	220	262	4,2	16,2
<b>Всего</b>	<b>247</b>	<b>100</b>	<b>8,9</b>	<b>30,4</b>	<b>222</b>	<b>203</b>	<b>6,7</b>	<b>23,0</b>

В группе из 12 хозяйств окупаемость удобрений составила 5,5 к.ед., или 77% от норматива для балла плодородия 27,5. В наиболее многочисленной группе (86 хозяйств) со средним баллом плодородия 30,5, норматив окупаемости составляет 7,8 к.ед. Фактически, в этой группе районов получено 7,2 к.ед. на каждый кг NPK удобрений, или 94% к нормативу. В группе 82 хозяйств со средним показателем плодородия 30 баллов, окупаемость 1 кг минеральных удобрений была на уровне 9,0 к.ед. или 119% к нормативу. И, наконец, в группе 5 хозяйств, с наибольшей окупаемостью удобрений 15,6 к.ед. на 1 кг NPK, норматив выполнен на 172%.

Таким образом, окупаемость удобрений прибавкой продуктивности пашни закономерно увеличивалась в хозяйствах по мере повышения балла плодородия почв, но слабо коррелировала с содержанием в почве фосфора и калия. Это можно объяснить преобладающей повышенной обеспеченностью почв этими элементами во всех анализируемых группах хозяйств.

Окупаемость совершенно не зависела от дозы минеральных удобрений, но достоверно повышалась по мере увеличения доз навоза до уровня 14т/га (рис. 4).

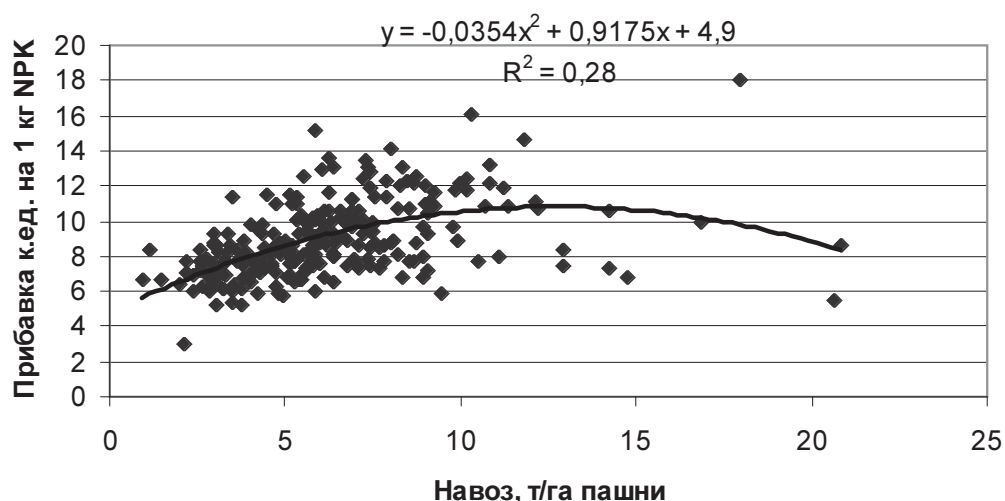


Рис.4. Прибавка продуктивности пашни к.ед. на 1 кг NPK удобрений в зависимости от среднегодовой дозы внесения навоза по хозяйствам Гомельской области

Значительный интерес представляет влияние экономических условий на окупаемость удобрений. В хозяйствах с более высокими прибавками продуктивности пашни на 1 кг внесенных удобрений существенно увеличивались затраты труда на гектар посева (табл. 4). При окупаемости 1 кг NPK менее 8 к.ед. на гектар посева затратили 33-36 человеко-часов, а чтобы получить удельную прибавку продуктивности более 14 к.ед., необходимо было затратить в среднем 69 человеко-часов на каждый гектар пашни.

Сумма материально-денежных затрат на гектар посева в значительной мере ( $R^2=0,33$ ) определяет уровень окупаемости удобрений прибавкой продуктивности пашни (рис.5).

Таблица 4

Экономическая эффективность минеральных удобрений по группам хозяйств Гомельской области (2001-2005 гг.)

Группы по прибавке на 1 кг NPK, к. ед.	Затраты труда на 1 га посева, чел.-ч.	Сумма затрат на 1 га посева, USD	Затраты на удобрения, USD/га	Прибыль, USD/га	Рентабельность удобрений, %
< 6,0	36	219	59	29	52
6,1-8,0	33	179	50	38	77
8,1-10,0	40	208	51	51	100
10,1-12,0	44	250	60	72	120
12,1-14,0	60	286	69	94	138
> 14,0	69	291	84	132	156
<b>Всего</b>	<b>40</b>	<b>213</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>97</b>

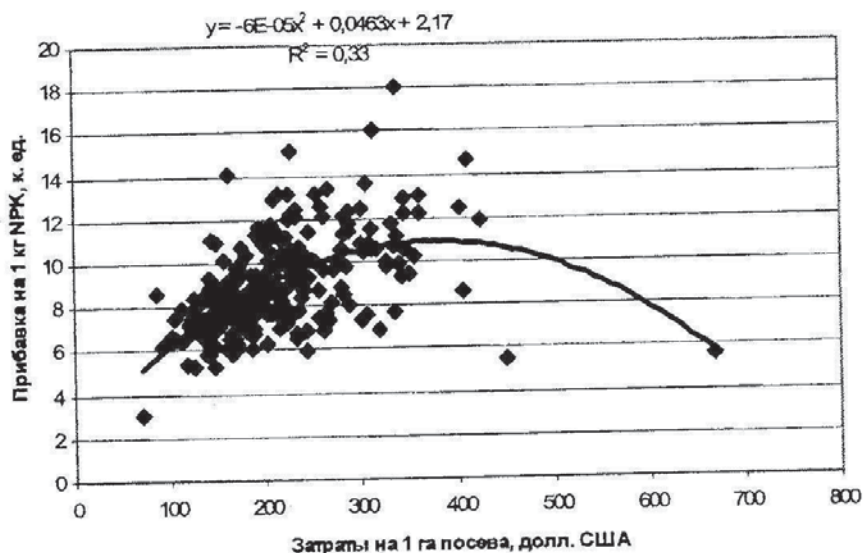


Рис. 5. Прибавка продуктивности пашни к.ед. на 1 кг NPK удобрений в зависимости от уровня материально-денежных затрат на гектар посева по хозяйствам Гомельской области

Согласно приведенной функции, окупаемость 1 кг NPK удобрений повышалась от 5 до 11 к. ед. в диапазоне изменения затрат от 70 до 460 долларов, а затем имела тенденцию к снижению.

Как же окупаются средства, затраченные на применение удобрений, уборку и реализацию прибавки урожая, которые составляют от 27 до 40% от общих затрат при возделывании всех культур на пашне? За период 2001-2005 гг. среднегодовые прибавки урожайности за счет удобрений, в целом, хорошо окупали затраты, связанные с применением удобрений. Однако, в группе хозяйств, где получено менее 5,0 к. ед. на 1 кг NPK, затраты на удобрения едва покрывались. Только при удельной прибавке продуктивности на уровне 10 к. ед. и выше прибыль от применения удобрений была заметно выше затрат, а рентабельность превышала 100% (рис.6).

Таким образом, определение расчетной прибавки продуктивности пашни на 1 кг NPK является центральным звеном анализа эффективности удобрений. При этом важно учитывать основные количественные характеристики плодородия почв и экономических условий хозяйств, которые сильно отличаются от средних региональных, а тем более республиканских показателей.

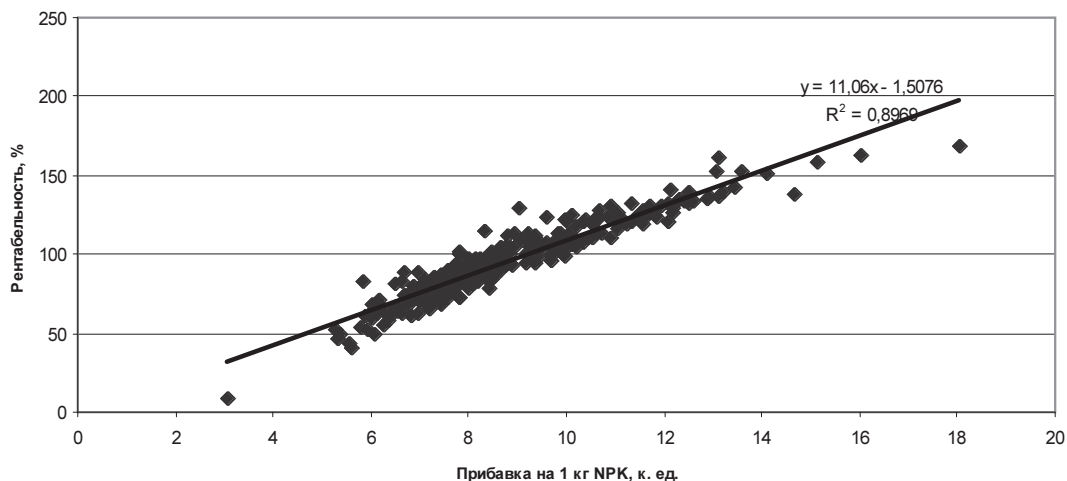


Рис. 6. Рентабельность применения минеральных удобрений (%) в хозяйствах Гомельской области за 2001-2005 гг. в зависимости от прибавки продуктивности пашни на 1 кг NPK

В целом, по всем хозяйствам нашей выборки показатели в окупаемости удобрений на пашне ( $Y$  – прибавка к. ед. на 1 кг NPK) наиболее тесно связаны с величиной балла плодородия почв ( $X_1$ ), среднегодовой дозой органических удобрений ( $X_2$ ), стоимостью материально-денежных затрат на га, долларов США ( $X_3$ ) и затрат труда на 1 га посевов, чел.-час. ( $X_4$ ). Эти зависимости хорошо описываются уравнением множественной линейной регрессии:  $Y = 3,23 + 0,0634 X_1 + 0,0686 X_2 + 0,0124 X_3 + 0,0182 X_4$ , ( $R^2 = 0,36$ ;  $P < 0,01$ ). Это уравнение может быть использовано при сравнительной оценке окупаемости минеральных удобрений с учетом особенностей отдельных хозяйств.

## ВЫВОДЫ

1. Продуктивность пашни в кормовых единицах показывает ее устойчивый прирост в Беларуси за период 2001-2008 гг., с 28,8 до 49,4 ц/га, или в 1,7 раза. Однако стоимость всех материально-денежных затрат на гектар посева растет опережающими темпами и за этот же период повысилась в 4 раза. Для повышения конкурентоспособности конечной продукции необходима систематическая оценка эффективности удобрений, за счет которых теперь формируется около 52% растениеводческой продукции, на уровне каждого региона (области, района) и хозяйства. Продуктивность пашни по районам республики за 2004-2008 гг. различалась от 24,5 до 88,1 ц/га. Эти различия на 77% были обусловлены показателями балла плодородия почв, среднегодовыми дозами внесения органических и минеральных удобрений.

2. Показатели экономических условий хозяйств, определяющих возможность достижения высокого уровня продуктивности пахотных почв, также должны учи-

ываться при оценке эффективности удобрений. Интегральной характеристикой интенсификации производства, тесно коррелирующей с уровнем продуктивности пашни, является стоимость всех материально-денежных затрат на гектар посева. Важным информативным показателем является также уровень затрат труда, человеко-часов на гектар посева.

3. Первостепенную значимость имеет определение окупаемости минеральных удобрений. Средние показатели прибавок продуктивности пашни на 1 кг NPK за 2001-2005 гг. различались по 247 хозяйствам Гомельской области от 3,1 до 18,1 к.ед., а прибыль за счет применения удобрений различалась от 4 до 188 долларов США на гектар посева. Эти различия в окупаемости удобрений наиболее тесно связаны с величиной балла плодородия почв, среднегодовой дозой органических удобрений, стоимостью всех материально-денежных затрат и затрат труда на 1 га посева и хорошо описываются уравнением множественной линейной регрессии. Целенаправленное изменение указанных характеристик создаст предпосылки для повышения эффективности удобрений и более полной реализации потенциала отрасли растениеводства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак - Мн.: БелНИИПА, 2002. – 184 с.
2. Гусаков, В.Г. Сущность, средства и факторы интенсификации сельского хозяйства / В.Г. Гусаков, А.П. Святогор // Изв. НАН Беларуси. – 2005. – № 2. – С. 2-15.
3. Богдевич, И. М Концепция повышения плодородия почв Республики Беларусь / И.М. Богдевич, Н. И. Смяян, В.В. Лапа // Ахова раслін. – 2002. №1. – С. 8-11.
4. Кукреш, Л.В. Потенциал растениеводства Беларуси и его реализация / Л.В. Кукреш // Известия НАН Беларуси. – № 3. – 2008. – С. – 34-39.
5. Гусаков, В.Г. Основные концептуальные подходы перспективной организации сельского хозяйства // В.Г. Гусаков // Изв. НАН Беларуси. – 2008. – № 4. – С. 12-19.
6. Богдевич, И.М Эффективность использования удобрений под зерновые культуры в зависимости от плодородия почв и экономических условий хозяйств Гомельской области / И.М. Богдевич, Н.Д. Терещенко // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №1(38). – С. 112-120.
7. Терещенко, Н.Д. Влияние почвенно-агрохимических и экономических условий на урожайность зерновых культур и окупаемость удобрений / Н. Д. Терещенко // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №2(39). – С. 133-141.
8. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур – Мн.: БелНИИПА, 1988. – 30 с.
9. Василюк, Г.В. Оценка экономической и агрономической эффективности минеральных удобрений, внесенных под зерновые и зернобобовые культуры / Г.В. Василюк, Т.М. Германович // Агроэкономика. – 2004. – №4. – С.50-54.
10. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.] – Мн.: РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», 2006. – 288 с.

11. Климат Беларуси; под ред. Ф.Ф. Логинова. – Мн., 1996. – 233 с.
12. Логинов, В.Ф. Изменение числа экстремальных климатических явлений в Беларуси за период инструментальных наблюдений / В.Ф. Логинов // Природопользование. – Мн., 1997. – Вып. 3. – С. 24-25.
13. Лазаревич, М.И. Себестоимость сельскохозяйственной продукции и пути ее снижения. Актуальные проблемы развития АПК Беларуси / М.И. Лазаревич М.И., А.В. Горбатовский. – Минск: НИЭИ Минэкономки РБ, 2003. – с. 28-41.

## **PRODUCTIVITY OF ARABLE LAND AND FERTILIZER Efficiency IN RELATION TO SOIL FERTILITY AND ECONOMY FACTORS**

**I.M. Bogdevitch, N.D. Tereshchenko**

### **Summary**

The relation of the arable land productivity in feed units (f. u.) and fertilizer use efficiency to soil fertility and economic conditions of 118 districts of Belarus for 2004-2008 period and 247 cooperative farms in Gomel region for period 2001-2005 had been studied. It was found that yield response per 1 kg NPK applied varied on farm level from 3.1 to 18.0 f. u., while the profit from fertilizer use varied from 4 to 188 USD per ha. Analysis of reasons preventing the realization of potential crop yields according to soil fertility indices and fertilizer used has been done.

*Поступила 7 декабря 2009 г.*

УДК 631.8.022.3:631.872:631.445.2

## **СОСТАВ ПОДВИЖНОЙ ФРАКЦИИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ**

**Е.Н. Богатырева, Т.М. Серая, О.М. Бирюкова, М.М. Ломонос**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В интенсивном земледелии в зависимости от масштабов применяемых агротехнических мероприятий подвижные гумусовые вещества, в наибольшей степени подвергающиеся трансформационным процессам, наряду с количественными превращениями претерпевают и качественные изменения [1, 2].

Высокое содержание подвижных гумусовых веществ означает, что в составе гумуса много органических соединений с активными функциональными группами, которые обеспечивают благоприятные условия для роста и развития растений и являются энергетическим материалом для жизнедеятельности микроорганизмов [3, 4]. Особую ценность при характеристике лабильной части гумуса приобретают те гумусовые вещества, которые наиболее обогащены азотом, имеют относительно простое строение макромолекул и достаточно быстро минерализуются. Наиболее легкодоступными гумусовыми веществами являются фульво-