

УДК 332.362:332.365

Прогнозирование затрат, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур на пахотных землях Республики Беларусь, посредством экономико-математического моделирования

Введение

Результаты осуществленного нами анализа показали, что в настоящее время не существует методики оценки потенциальной эффективности использования пахотных земель, позволяющей на этапе проектного размещения сельскохозяйственных культур по полям и рабочим участкам комплексно прогнозировать, наряду с прямыми экономическими затратами и результатами данного процесса, его косвенные экономические последствия. Это делает невозможным стоимостное измерение изменения качественного состояния основного для аграрных предприятий средства производства (земли) в форме снижения либо повышения почвенного плодородия.

Для решения данной задачи нами разработана соответствующая методика. В самом общем виде она представлена обобщающим оценочным показателем, значение которого рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{.jid} = \frac{\text{Ц.У.}_{.jid} - \sum \text{З.В.}_{.jid} + (\text{Ц.П.п.}_{.jid} - \text{Ц.П.в.}_{.jid})}{\sum \text{З.В.}_{.jid} + \text{Ц.П.в.}_{.jid}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{.jid}$ – экономическая эффективность возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке земли после d -го предшественника; $\text{Ц. У.}_{.jid}$ – количественное выражение ценности прогнозируемого урожая j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке земли после d -го предшественника, USD/га; $\sum \text{З. В.}_{.jid}$ – суммарные затраты, необходимые для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке земли после d -го предшественника, USD/га; $\text{Ц. П. п.}_{.jid}$ – количественное выражение ценности элементов плодородия почв i -го рабочего участка земли, которые будут привнесены при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га; $\text{Ц. П. в.}_{.jid}$ – количественное выражение ценности элементов плодородия почв i -го рабочего участка земли, которые будут вынесены при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га.

Этапы процесса оценки потенциальной эффективности использования пахотных земель подробно изложены нами ранее [1]. Использование соответствующей методики объективно предполагает осуществление системного учета издержек, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур на рабочих участках. По результатам проведенных исследований к таковым нами отнесены затраты на:

- приобретение семян, удобрений и средств химической защиты растений;
- механизированные полевые работы;
- транспортировку грузов, а также холостые перегоны техники для осуществления механизированных полевых работ.

Для определения размеров перечисленных издержек используется формула:

$$3.B_{.jid} = 3.C_{.ji} + 3.Y_{.ji} + \sum_{f_j} \frac{F_j}{f_j} 3.X_{.ji} + \sum_{k_{ji}} \frac{K_{ji}}{k_{ji}} 3.P.п_{.jid} + \sum_{g=1}^4 3.P.т_{.jid} + \sum_{k_{ji}} \frac{K_{ji}}{k_{ji}} 3.П_{.ji}, \quad (2)$$

где $3.B_{.jid}$ – затраты, необходимые для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке земли после d -го предшественника, USD/га; $3.C_{.ji}$ – затраты на семена j -й сельскохозяйственной культуры, засеваемой на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га; $3.Y_{.ji}$ – затраты на удобрения для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га; f_j – вид средства химической защиты, вносимого под j -ю сельскохозяйственную культуру; F_j – общее количество видов средств химической защиты, вносимых под j -ю сельскохозяйственную культуру; $3.X_{.ji}$ – затраты на средства химической защиты растений для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га; $3.P.п_{.jid}$ – затраты на механизированные полевые работы при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га; k_{ji} – определенный технологический процесс по возделыванию j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель; K_{ji} – совокупность технологических процессов, необходимых для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель; $3.P.т_{.jid}$ – затраты на транспортировку грузов при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га; g – груз, относящийся к определенному классу; 4 – количество классов грузов; $3.П_{.ji}$ – затраты на холостые перегоны техники при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га.

Возможностью хозяйственного использования разработанной нами методики обусловлена потребность выведения математических зависимостей, позволяющих определять объемы затрат указанных видов применительно к основным сельскохозяйственным культурам, возделываемым в Республике Беларусь.

Основная часть

Объемы расходов на семена, удобрения и средства химической защиты растений не зависят от базовых факторов эффективности использования пахотных земель, к которым нами отнесены их производительные, пространственные, технологические и биоэнергетические свойства [2]. Тем не менее их включение в число статей затрат, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур, объективно необходимо как исходя из логики указанного процесса, так и в связи со спецификой практического применения разрабатываемой нами методики оценки потенциальной эффективности использования пахотных земель, заключающейся в последующем ранжировании объектов оценки по величинам итоговых оценочных показателей. Так, с математической точки зрения включение расходов на семена, удобрения и средства химической защиты растений в основную зависимость (формула 1) может в существенной мере изменить пропорциональное соотношение оценочных показателей участков пахотных земель и, соответственно, внести изменения в результаты их ранжирования.

Изучение нормативно-справочной литературы показывает, что затраты на механизированные полевые работы, связанные с возделыванием сельскохозяйственных культур, можно рассчитать как сумму издержек, относящихся к выполнению отдельных технологических операций, предусмотренных соответствующими отраслевыми регламентами [3, 4, 5].

Определение размеров издержек, обусловленных транспортировкой грузов, перемещение которых предписывается типовой технологической картой культивирования определенного вида посевов, целесообразно осуществлять путем отнесения грузов к одному из их 4-х существующих классов, а затем суммировать расходы, рассчитанные для каждого из последних [6, с. 102–103].

Затраты на холостые перегоны техники будут зависеть от количества перегонов, необходимых для выполнения определенной технологической операции в границах рабочего участка пахотных земель. В свою очередь, их число будет изменяться за счет варьирования сменой нормы выработки. Таким образом, затраты на холостые перегоны техники (так же, как и на механизированные

полевые работы) следует рассчитывать путем суммирования отдельно вычисленных расходов по технологическим операциям, предписанным типовыми технологическими картами возделывания сельскохозяйственной культуры.

Порядок расчета каждой из указанных статей затрат детально изложен нами в опубликованной ранее методике [1]. Следует подчеркнуть, что определение затрат, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур на пахотных землях, является трудоемким с точки зрения практического применения. Это обусловлено значительным количеством математических вычислений, которые необходимо осуществлять для отдельных операций, предписываемых технологией возделывания определенной сельскохозяйственной культуры. Таким образом, задача, связанная с упрощением затратной части методики оценки потенциальной эффективности использования пахотных земель (формула 1), может быть решена посредством экономико-математического моделирования.

Общая его концепция заключается в определении величины издержек, связанных с возделыванием основных сельскохозяйственных культур на рабочих участках пахотных земель, отличающихся своими базовыми свойствами (продуктивными, пространственными, технологическими и биоэнергетическими), осуществляемом с применением одинакового перечня средств механизации, а также количественно и качественно идентичной агротехники [2]. Объективно это позволит ответить на концептуально значимый с точки зрения целей применения методики вопрос о том, насколько более или менее экономически эффективным будет возделывание сельскохозяйственной культуры на определенном рабочем участке пахотных земель по отношению к остальным наделам, если все технологические и агротехнические аспекты соответствующих операций будут идентичными.

Моделирование процессов формирования затрат, связанных с механизированными полевыми работами и холостыми перегонами техники, реализовано нами посредством математического анализа 35-ти основных технологических операций в растениеводстве (начиная с обработки почвы и заканчивая уборочными работами), выполняемых с применением новейших марок тракторов и сельскохозяйственных машин отечественного производства [7, 8, 9]. Нами использованы значения сменных норм выработки и расхода топлива для выбранных сельскохозяйственных агрегатов, актуальные цены на сельскохозяйственную технику, а также показатели оплаты труда, рассчитанные в соответствии с действующими рекомендациями для установленной ставки 1-го разряда. В ходе применения методики корреляционно-регрессионного анализа указанные издержки для 35-ти технологических операций определены при 20-ти различных вариантах сочетания затратообразующих факторных показателей, а затем системно суммированы по критерию необходимости для выполнения при возделывании определенных сельскохозяйственных культур [3, 4, 5].

Следует отметить, что в число факторных показателей корреляционно-регрессионного анализа, относящихся к технологическим операциям, нами первоначально были включены постоянные и переменные нормообразующие факторы. К первым относятся длина гона, а также обобщенный поправочный коэффициент к сменным нормам выработки и расхода топлива. Переменные факторы – глубина вспашки и поверхностной обработки почвы, нормы внесения удобрений и средств химической защиты растений, урожайность сельскохозяйственных культур [6, с. 34–35]. Анализ полученной регрессионной статистики показал, что на результативный показатель суммарных затрат при возделывании сельскохозяйственных культур статистически значимое влияние оказывают все перечисленные постоянные затратообразующие факторы и только один из переменных (урожайность).

Нами получены экономико-математические модели, отражающие влияние технологических свойств участков пахотных земель на суммарные затраты, связанные с механизированными полевыми работами при возделывании основных сельскохозяйственных культур. Общий вид данных моделей отражен в формуле:

$$\sum_{k_{ji}}^{K_{ji}} \text{З.Р.п.}_{jid} = a_0 - a_1 \cdot D_i - a_2 \cdot \text{К.Н.В.}_i + a_3 \cdot \text{У.о.п.}_{jid}, \quad (3)$$

где З. Р. п. $_{jid}$ – затраты на механизированные полевые работы при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га; k_{ji} – определенный техно-

логический процесс по возделыванию j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель; K_{ji} – совокупность технологических процессов, необходимых для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель; a_0 – свободный член регрессии; a_1, a_2, a_3 – коэффициент регрессии при соответствующих факторных показателях; D_i – длина гона i -го рабочего участка пахотных земель, м; $K. Н. В. _i$ – обобщенный поправочный коэффициент, отражающий влияние агротехнологических свойств (влажности, угла склона, изрезанности препятствиями, каменистости) i -го рабочего участка пахотных земель на норму выработки средств механизации; $У. о. п. _{jid}$ – прогнозная урожайность основной продукции j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель после d -го предшественника, т/га.

Значения коэффициента регрессии при соответствующих факторных показателях приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели экономико-математических моделей, отражающие влияние базовых факторов эффективности использования пахотных земель на затраты по осуществлению полевых работ при возделывании основных сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственные культуры	Свободный член регрессии (a_0)	Коэффициент регрессии при факторном показателе		
		длина гона (a_1)	обобщенный поправочный коэффициент к сменным нормам выработки (a_2)	урожайность (a_3)
Озимые зерновые	566,98	-0,07	-636,59	67,51
Яровые зерновые	522,9	-0,06	-600,85	66,96
Кукуруза на зерно	622,31	Незначим	-677,28	67,55
Картофель	1631,34	-0,12	-1181,96	Незначим
Корнеплоды	2119,92	-0,27	-1718,57	5,01
Лен	1061,22	-0,15	-839,08	17,13
Яровой рапс	656,3	-0,08	-638,17	85,7
Озимый рапс	627,09	-0,08	-607,32	81,76
Кукуруза на зеленую массу	579,34	Незначим	-506,45	2,76
Однолетние травы на зеленую массу	803,27	-0,09	-622,31	2,07
Однолетние травы на сено	623,38	-0,07	-454,87	Незначим
Многолетние травы на зеленую массу	650	-0,07	-518,58	2,6
Многолетние травы на сено	492,99	-0,06	-366,73	Незначим

Примечание. Разработана автором по результатам собственных исследований.

Следует подчеркнуть, что величины коэффициентов множественной регрессии в приведенных нами экономико-математических моделях свидетельствуют о достаточно тесной связи факторных показателей с результативным, а значения критериев Фишера говорят об отсутствии между ними линейной связи. Значения коэффициентов множественной регрессии и критериев Фишера применительно к сельскохозяйственным культурам составили соответственно для озимых зерновых – 0,96 и 67,83; яровых зерновых и зернобобовых – 0,96 и 62,77; кукурузы на зерно – 0,97 и 92,31; картофеля – 0,96 и 95,33; корнеплодов – 0,96 и 68,63; льна – 0,96 и 72,04; ярового рапса – 0,94 и 42,44; озимого рапса – 0,95 и 45,09; кукурузы на зеленую массу – 0,93 и 50,57; однолетних трав на зеленую массу (при 3-х укосах в год) – 0,95 и 51,17; однолетних трав на сено (при 3-х укосах в год) – 0,95 и 77,99; многолетних трав на зеленую массу – 0,95 и 54,28; многолетних трав на сено – 0,95 и 77,62.

Полученные экономико-математические модели, обеспечивающие учет свойств рабочих участков пахотных земель, являются актуальными инструментами для прогнозирования объемов затрат на проведение механизированных полевых работ при возделывании сельскохозяйственных культур.

Необходимость транспортировки грузов определенного вида для выращивания какой-либо сельскохозяйственной культуры объективно может быть обоснована посредством анализа соответствующей типовой технологической карты [3, 4, 5]. Как отмечалось нами ранее, связанные с работами по транспортировке грузов издержки целесообразно первоначально рассчитывать в рамках

выделенных в нормативно-справочной литературе классов посредством суммирования весовых значений соответствующих каждому классу грузов. Для этого следует использовать формулу:

$$\text{З.Р.т.}_{jid} = \sum_{g=1}^4 (\text{П.З.Р.т.}_{gji} \cdot \sum \text{М.}_{gji}), \quad (4)$$

где П. З. Р. т. $_{gji}$ – приведенные затраты на работы, необходимые для транспортировки груза g -го класса для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/т; $\sum \text{М.}_{gji}$ – суммарная масса грузов g -го класса для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, т/га.

Для определения размеров включающих погрузочно-разгрузочные работы суммарных затрат на транспортировку грузов при возделывании определенной сельскохозяйственной культуры нами в рамках экономико-математического моделирования осуществлены пассивные статистические наблюдения с целью обобщения данных о влиянии факторов, принятых в качестве объектов математических опытов (эквивалентного расстояния и класса груза) на изменение сменных норм выработки и расхода топлива в процессе транспортировки груза трактором с последующими механизированной погрузкой и разгрузкой [8, с. 460–465]. Использование показателей, отражающих материально-технические характеристики силового агрегата и сельскохозяйственной машины, а также размеров оплаты труда, полученных нами по результатам изучения действующих в данной сфере рекомендаций, позволило рассчитать суммарные экономические затраты, необходимые для транспортировки груза при заданных значениях факторных показателей.

Корреляционно-регрессионный анализ полученной статистической информации дал возможность создать экономико-математическую модель, отражающую влияние эквивалентного расстояния и класса груза на экономические затраты в ходе тракторно-транспортных работ (включая погрузочно-разгрузочные). Она имеет вид формулы:

$$\text{П. З. Р. т.}_{gji} = -0,35 + 0,14 \cdot L_i \cdot K_{\text{к.д.}} + 0,42 \cdot g, \quad (5)$$

где L_i – расстояние до i -го рабочего участка пахотных земель, км; $K_{\text{к.д.}}$ – коэффициент качества дорог.

Величина коэффициента множественной регрессии, определенная по полученной нами экономико-математической модели, составила 0,97, что свидетельствует о значительной тесноте связи факторных и результативного показателей. Значение критерия Фишера (151,86) говорит об отсутствии между ними линейной связи.

Суммарные экономические затраты на холостые перегоны техники обусловлены необходимостью выполнения определенных технологических операций в ходе осуществления механизированных полевых работ и неразрывно связаны с ними. Данное обстоятельство задает направление дальнейшим исследованиям. Для численной оценки зависимости экономических затрат на холостые перегоны техники при осуществлении основных технологических операций от факторных показателей нами осуществлены пассивные статистические наблюдения. Их результаты позволили обобщить данные о влиянии нормообразующих факторов, принятых в качестве объектов математических опытов, на изменение сменных норм выработки для выполнения основных технологических операций в растениеводстве. Использование указанных показателей, материально-технических характеристик силовых агрегатов и сельскохозяйственных машин, а также рассчитанных нами (по результатам анализа рекомендаций в данной сфере) размеров оплаты труда позволило рассчитать суммарные экономические затраты, необходимые для двух холостых перегонов техники в течение смены при заданных величинах рассматриваемых факторов.

Поскольку целью исследования является получение зависимостей, отражающих влияние нормообразующих факторов на суммарные экономические затраты на холостые перегоны техники при осуществлении механизированных полевых работ в ходе возделывания основных сельскохозяйственных культур, затраты на выполнение отдельных технологических операций применительно к каждой из них были суммированы. В качестве исходной информации для такого объединения послужили нормативно-справочные данные и типовые технологические карты, приведенные в органи-

зационно-технологических нормативах возделывания сельскохозяйственных культур и обобщенные нами [3, 4, 5].

Из факторов, влияющих на экономические затраты, связанные с перегонами техники при осуществлении отдельных технологических операций, для совмещения результатов корреляционно-регрессионного анализа в разрезе основных сельскохозяйственных культур нами выделены те, которые статистически значимы при таком совмещении. В число постоянных факторов включены эквивалентное (с учетом коэффициента качества дорог) расстояние от хозцентра бригады, длина гона в основном направлении обработки, рельеф, наличие на полях препятствий, каменистость и влажность верхнего слоя почвы, а также переменный фактор – урожайность.

Таким образом, влияние названных факторов на затраты, необходимые для холостых перегонов техники при возделывании основных сельскохозяйственных культур, отражают зависимости, полученные нами в ходе экономико-математического моделирования. Общий вид модели представлен в формуле:

$$\sum_{k_{ji}}^{K_{ji}} \text{З.П.}_{ji} = a_0 - a_1 \cdot L_i \cdot \text{К.к.д.} - a_2 \cdot \text{К.Н.В.}_i \quad (6)$$

Значения коэффициентов регрессии при соответствующих факторных показателях приведены в таблице 2.

Таблица 2. Показатели экономико-математических моделей, отражающие влияние базовых факторов эффективности использования пахотных земель на затраты по осуществлению полевых работ для возделывания основных сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственные культуры	Свободный член регрессии (a ₀)	Коэффициент регрессии при факторном показателе	
		расстояние транспортировки агрегата (a ₁)	обобщенный поправочный коэффициент к сменным нормам выработки (a ₂)
Озимые зерновые	7,23	1,83	-10,83
Яровые зерновые	6,42	1,57	-9,60
Кукуруза на зерно	6,78	1,62	-9,77
Картофель	25,27	6,99	-37,97
Корнеплоды	7,69	2,07	-11,68
Лен	11,4	3,1	-17,13
Яровой рапс	6,39	1,79	-9,63
Озимый рапс	4,94	1,37	-7,47
Кукуруза на зеленую массу	7,03	1,92	-10,65
Однолетние травы на зеленую массу	6,31	1,68	-9,52
Однолетние травы на сено	10,58	2,66	-15,41
Многолетние травы на зеленую массу	3,77	0,98	-5,79
Многолетние травы на сено	8,04	1,96	-11,67

Примечание. Разработана автором по результатам собственных исследований.

Величины коэффициентов множественной регрессии, рассчитанные по полученным нами экономико-математическим моделям, свидетельствуют о значительной тесноте связи факторных показателей с результативным, а значения критериев Фишера говорят об отсутствии между ними линейной связи. Данные показатели в разрезе основных групп сельскохозяйственных культур составили соответственно для озимых зерновых – 0,96 и 96,12; яровых зерновых и зернобобовых – 0,95 и 85,57; кукурузы на зерно – 0,96 и 115,11; картофеля – 0,98 и 172,67; корнеплодов – 0,97 и 147,84; льна – 0,97 и 156 ярового рапса – 0,97 и 159,47; озимого рапса – 0,98 и 174,93; кукурузы на зеленую массу – 0,97 и 153,39; однолетних трав на зеленую массу – 0,97 и 153,91; однолетних трав на сено – 0,98 и 171,69; многолетних трав на зеленую массу – 0,96 и 112,22; многолетних трав на сено – 0,97 и 148,82. Таким образом, полученные экономико-математические модели объективно являются актуальными математическими инструментами для прогнозирования величины за-

трат на холостые перегоны техники при возделывании сельскохозяйственных культур на рабочих участках пахотных земель, поскольку учитывают свойства последних и выступают в качестве необходимого логического дополнения разрабатываемой нами методики оценки потенциальной эффективности использования пахотных земель.

Данная методика (формула 1) предполагает количественное выражение ценности элементов плодородия почв рассматриваемого рабочего участка, которые будут привнесены и (или) вынесены при возделывании определенной сельскохозяйственной культуры. Таким образом, существует объективная необходимость стоимостной оценки потенциального изменения почвенного плодородия пахотных земель в процессе выращивания на них растениеводческой продукции.

Обобщение результатов осуществленных нами исследований позволяет сделать вывод о том, что эколого-экономический ущерб, проявляющийся в виде утраты почвами пахотных земель гумуса и элементов питания, в процессе культивирования растений может быть устранен посредством внесения органических и минеральных удобрений [10, 11]. Данный факт позволяет сформулировать принципиально новый методологический подход к стоимостной оценке возможного изменения содержания элементов почвенного плодородия рабочих участков пахотных земель при возделывании на них сельскохозяйственных культур. Концептуально он заключается в осуществлении денежной оценки масштабов дифференциации содержания гумуса и основных элементов питания по принципу расчета затрат, которые необходимы для целенаправленного создания условий, обеспечивающих воспроизводство в почвах равного (в весовом измерении) количества элементов плодородия. С системной точки зрения суть данного подхода состоит в разработке научно обоснованной методики проведения упомянутой оценки, осуществляемой посредством обобщения важнейших факторов. К последним, выраженным в стоимостной форме, нами отнесены рыночная цена удобрений, а также затраты на их транспортировку и внесение. Данный выбор отражает аспектную составляющую предлагаемого методологического подхода.

В целом предложенную нами методику стоимостной оценки потенциального изменения плодородия почв пахотных земель в результате возделывания сельскохозяйственных культур отличает концептуальная новизна, поскольку научные разработки, позволяющие решить указанную задачу, отсутствуют. Суть описываемой методики, применение которой рассматривается нами как составная часть процесса общей оценки потенциальной эффективности использования пахотных земель (формула 1), отражают математические зависимости 7, 8 и 9:

$$\text{Ц. П. в.}_{jid} = \text{Ц. Г. в.}_{jid} + \text{Ц. Э. П. в.}_{jid}, \quad (7)$$

где Ц. Г. в._{jid} – количественное выражение ценности гумуса, выносимого из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га; Ц. Э. П. в._{jid} – количественное выражение ценности элементов питания, выносимых из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га;

$$\text{Ц. Г. в.}_{jid} = \text{Г. В.}_{jid} \cdot (\lambda_0 \text{ у.} + \text{З. Р. о. у.}_{ji}), \quad (8)$$

где Г. В._{jid} – масса гумуса, выносимого из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, т/га; $\lambda_0 \text{ у.}$ – стоимость органического удобрения, USD/т; З. Р. о. у._{ji} – затраты на транспортировку и внесение органических удобрений при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га; З. Р. о. у._{ji} – затраты на транспортировку и внесение органических удобрений при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га;

$$\begin{aligned} \text{Ц.Э.П.в.}_{jid} = & (N) \text{в.}_{jid} \cdot (\lambda \text{ м. у.}(N) + \text{З. Р. м. у.}_{ji}) + (P_2O_5) \text{в.}_{jid} \cdot (\lambda \text{ м. у.}(P_2O_5) + \text{З. Р. м. у.}_{ji}) + \\ & + (K_2O) \text{в.}_{jid} \cdot (\lambda \text{ м. у.}(K_2O) + \text{З. Р. м. у.}_{ji}) + (CaO) \text{в.}_{jid} \cdot (\lambda \text{ м. у.}(CaO) + \text{З. Р. м. у.}_{ji}) + \\ & + (MgO) \text{в.}_{jid} \cdot (\lambda \text{ м. у.}(MgO) + \text{З. Р. м. у.}_{ji}) + (SO_4) \text{в.}_{jid} \cdot (\lambda \text{ м. у.}(SO_4) + \text{З. Р. м. у.}_{ji}), \end{aligned} \quad (9)$$

где $(N) \text{в.}_{jid}$ – масса азота, выносимого из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, кг; $\lambda \text{ м. у.}(N)$ – стоимость удобрений,

содержащих азот, USD/кг; $З. Р. м. у. j_i$ – затраты на транспортировку и внесение минеральных удобрений при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель, USD/га; $(P_2O_5)в. j_{id}$ – масса оксида фосфора, выносимого из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, кг/га; $\lambda м. у.(P_2O_5)$ – стоимость удобрений, содержащих фосфор, USD/кг; $(K_2O)в. j_{id}$ – масса оксида калия, выносимого из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, кг/га; $\lambda м. у.(K_2O)$ – стоимость удобрений, содержащих калий, USD/кг; $(CaO)в. j_{id}$ – масса оксида кальция, выносимого из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, кг/га; $\lambda м. у.(CaO)$ – стоимость удобрений, содержащих кальций, USD/кг; $(MgO)в. j_{id}$ – масса оксида магния, выносимого из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, кг/га; $\lambda м. у.(MgO)$ – стоимость удобрений, содержащих магний, USD/кг; $(SO_4)в. j_{id}$ – масса оксида серы, выносимого из почвы i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, кг/га; $\lambda м. у.(SO_4)$ – стоимость удобрений, содержащих серу, USD/кг.

Следует отметить, что отраженное нами в зависимости 9 отнесение к основным элементам питания почв азота, а также оксидов фосфора, калия, кальция, магния и серы соответствует применяемой в растениеводческой практике методике определения баланса элементов питания [11].

Обратную ситуацию, связанную с увеличением плодородия участка, можно представить как предотвращение будущих затрат на производство, транспортировку и внесение органических и минеральных удобрений, необходимых для достижения соответствующего уровня плодородия. Таким образом, количественный показатель оценки будет отражать не экономический ущерб, а соответствующую прибыль, то есть учитываться со знаком «плюс» (формулы 10, 11, 12):

$$\text{Ц. П. п. } j_{id} = \text{Ц. Г. п. } j_{id} + \text{Ц. Э. П. п. } j_{id}, \quad (10)$$

где $\text{Ц. Г. п. } j_{id}$ – количественное выражение ценности гумуса, поступившего в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га; $\text{Ц. Э. П. п. } j_{id}$ – количественное выражение ценности элементов питания, поступивших в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га;

$$\text{Ц. Г. п. } j_{id} = \text{Г. п. } j_{id} \cdot (\lambda о. у. + З. Р. о. у. j_i), \quad (11)$$

где $\text{Г. п. } j_{id}$ – масса гумуса, поступающего в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, т/га;

$$\begin{aligned} \text{Ц.Э.П.п. } j_{id} = & (N)п. j_{id} \cdot (\lambda м. у.(N) + З.Р.м.у. j_i) + (P_2O_5)п. j_{id} \cdot (\lambda м. у.(P_2O_5) + З.Р.м.у. j_i) + \\ & + (K_2O)п. j_{id} \cdot (\lambda м. у.(K_2O) + З.Р.м.у. j_i) + (CaO)п. j_{id} \cdot (\lambda м. у.(CaO) + З.Р.м.у. j_i) + \\ & + (MgO)п. j_{id} \cdot (\lambda м. у.(MgO) + З.Р.м.у. j_i) + (SO_4)п. j_{id} \cdot (\lambda м. у.(SO_4) + З.Р.м.у. j_i), \end{aligned} \quad (12)$$

где $\text{Ц. Э. П. п. } j_{id}$ – количественное выражение ценности элементов питания, поступающих в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га; $(N)п. j_{id}$ – масса азота, поступающего в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры, кг/га; $(P_2O_5)п. j_{id}$ – масса оксида фосфора, поступающего в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры, кг/га; $(K_2O)п. j_{id}$ – масса оксида калия, поступающего в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры, кг/га; $(CaO)п. j_{id}$ – масса оксида кальция, поступающего в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры, кг/га; $(MgO)п. j_{id}$ – масса оксида магния, поступающего в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры, кг/га; $(SO_4)п. j_{id}$ – масса оксида серы, поступающего в почву i -го рабочего участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры, кг/га.

Прогнозирование (в весовом выражении) объемов выноса и поступления гумуса, а также основных элементов питания почв осуществлено нами посредством критического анализа и обобщения имеющихся в данной области научно-методических разработок. По результатам исследований затраты на транспортировку и внесение органических и минеральных удобрений при возделывании определенной сельскохозяйственной культуры на рабочем участке пахотных земель нами предлагается рассчитывать посредством экономико-математического моделирования зависимостей 13 и 14:

$$З.Р.о.у._{ji} = 8,95 + 1,14 \cdot О.У._{bji} \cdot К.н._b + 6,29 \cdot L_i \cdot К.к.д. - 44,3 \cdot К.Н.В._i, \quad (13)$$

где $О. У._{bji}$ – доза органического удобрения b -го вида, вносимого под j -ю сельскохозяйственную культуру при возделывании i -го рабочего участка земли, т/га; $К. н. _b$ – коэффициент перевода b -го вида органического удобрения в условный навоз;

$$З.Р.м.у._{ji} = 14,13 + 9,3 \cdot М.У._{bji} + 0,52 \cdot L_i \cdot К.к.д. - 17,01 \cdot К.Н.В._i, \quad (14)$$

где $М. У._{bji}$ – доза органического удобрения b -го вида, вносимого под j -ю сельскохозяйственную культуру при возделывании i -го рабочего участка земли, т/га.

Величины коэффициентов множественной регрессии, определенные с использованием полученных нами экономико-математических моделей, свидетельствует о достаточно тесной связи факторных показателей с результативным, а значения критериев Фишера говорят об отсутствии между ними линейной связи. Значения коэффициентов множественной регрессии и критериев Фишера составили соответственно 0,98 и 168,27; 0,93 и 36,63. Исходя из этого, полученные экономико-математические модели не только объективно являются актуальными математическими инструментами для прогнозирования размеров затрат на транспортировку и внесение органических и минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на рабочих участках пахотных земель, но и могут выступать в качестве необходимых логических дополнений разрабатываемой нами методики.

Заключение

Анализ результатов проведенных нами исследований позволяет сделать перечисленные далее выводы и предложения.

1. Разработана методика расчета экономических затрат, связанных с использованием рабочих участков пахотных земель и находящихся в зависимости от свойств последних, включая издержки на полевые механизированные работы, транспортировку грузов и холостые перегоны техники, а также на семена, удобрения и средства химической защиты растений. Суть методики состоит в определении суммарной годовой величины нормативных отчислений на амортизацию, капитальный и технический ремонт (обслуживание) средств механизации растениеводства в расчете на единицу расстояния или обрабатываемой площади рабочих участков пахотных земель с учетом затратопределяющих свойств последних. Для этого в соответствующие формулы нами включены обобщенные сменные нормы выработки и расхода топлива, которые приводятся к годовым величинам через нормативно установленные показатели среднегодовой загрузки используемых средств механизации.

Новизна методики состоит в учете влияния на величину издержек, необходимых для возделывания сельскохозяйственных культур на пахотных землях, их производительных, пространственных и технологических свойств через сменные нормы выработки и расхода топлива, на которые данные свойства напрямую влияют.

Предложенная модель может использоваться в составе разработанной нами методики оценки эффективности использования пахотных земель для расчета соответствующего коэффициента. Ее преимущество выражается в учете индивидуальных особенностей рабочих участков применительно к возделываемым сельскохозяйственным культурам, позволяющем иметь экономико-математическую базу для оптимизации размещения последних.

2. На основе разработанной методики нами созданы экономико-математические модели, отражающие корреляции как длины гона, так и обобщенных сменных норм выработки и прогнозируемой урожайности сельскохозяйственных культур с экономическими затратами при осуществлении механизированных полевых работ и холостых перегонов техники, а также влияние эквивалентного (с учетом качества дорог) расстояния и массы грузов определенного класса на издержки при тракторно-транспортных работах. Кроме того, выведены экономико-математические модели для экономической оценки масштабов изменения плодородия почв, выполняемой посредством учета затрат на внесение необходимого для такого изменения объема удобрений.

Новизна полученных результатов заключается в появившейся возможности прогнозирования затрат, связанных с использованием пахотных земель, с учетом свойств последних, а также затрат на оплату труда и топлива, восстановление утраченного (либо достижение полученного в ходе культивирования сельскохозяйственной культуры) уровня почвенного плодородия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колосов, Г. Методика эффективного использования сельскохозяйственных земель при противоэрозионной организации территории / Г. Колосов // *Аграрная экономика*. – 2011. – № 4. – С. 30–40.
2. Колосов, Г. Факторы и критерии экономической эффективности использования пахотных земель / Г. Колосов // *Аграрная экономика*. – 2017. – № 2. – С. 44–49.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Институт аграрной экономики НАН Беларуси, 2005. – 460 с.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; ред.: В. Г. Гусаков, Ф.И. Привалов. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 288 с.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Ф. И. Привалов [и др.] // НАН Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; ред.: В. Г. Гусаков, Ф. И. Привалов. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 469 с.
6. Шапиро, С. Б. Нормирование труда в сельском хозяйстве / С. Б. Шапиро [и др.]; под ред. С. Б. Шапиро. – Барановичи: Барановичская укрупненная типография, 2009. – 300 с.
7. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве: в 3-х ч. / С. В. Соусь [и др.] // Республиканский нормативно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Барановичи: Барановичская укрупненная типография, 2007. – Ч. 1. Основная и предпосевная обработка почвы. – 160 с.
8. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве: в 3 ч. / С. В. Соусь [и др.] // Республиканский нормативно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Минск, 2012. – Ч. 2. Посев, посадка, уход за посевами, внесение удобрений и ядохимикатов. – 350 с.
9. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве: в 3 ч. / С. В. Соусь [и др.] // Республиканский нормативно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Минск, 2014. – Ч. 3. Уборка сельскохозяйственных культур, транспортировка и погрузка сельскохозяйственных грузов. – 514 с.
10. Методика расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.] // Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2007. – 20 с.
11. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.] – Минск, Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2007. – 24 с.

РЕЗЮМЕ

Предложены экономико-математические модели для расчета затрат, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур на пахотных землях Республики Беларусь.

SUMMARY

Forecasting of costs associated with the cultivation of crops on arable lands of the Republic of Belarus by means of economic-mathematical modeling.

Поступила 08.09. 2017