

УДК 633.16 : 631.559 : 661.152.5

**Е. Н Федотова**, аспирант 4-го года обучения;  
**Ю. Н. Федорова**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;  
**Д. С. Комшанов**, доктор экономических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Великолукская Государственная сельскохозяйственная академия»  
(г. Великие Луки, пр-т Ленина, 2; тел.: 8 (953) 243-32-27, e-mail:  
evgesha637@mail.ru)

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

На основании трехлетних исследований и производственных испытаний представлена эффективность применения минеральных удобрений совместно с комплексным микроэлементным удобрением «Аквадон-Микро». Выявлена ведущая роль микроэлементов и их совместного внесения с минеральными удобрениями в увеличении урожайности зерна ячменя. В среднем за годы исследований урожайность зерна на контрольном варианте была 2,25 т/га. При внесении одних только минеральных удобрений в дозе  $N_{40}P_{60}K_{90}$  прибавка урожайности составила 0,73 т/га при окупаемости 1 кг NPK прибавкой урожайности, равной 3,9 кг зерна ячменя. Применение «Аквадона-Микро» увеличило прибавку урожайности до 0,98 т/га, а окупаемость – до 5,2 кг зерна. В варианте с дозой внесения  $N_{28}P_{40}K_{60}$  прибавка урожайности была 0,99 т/га, и окупаемость 1 кг д. в. при этом увеличилась до 7,8 кг основной продукции. В ходе производственных испытаний наибольший эффект был получен при сниженной до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  дозе совместно с применением микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро», урожайность зерна при этом составила 3,89 т/га, что на 1,91 т/га больше контроля. Использование удобрений в сочетании с данным микроудобрением повышало прибыль с гектара посевов на 31 745 руб. и на 803,7 руб. в расчете на 1 ц ячменя при дозе внесения удобрений  $N_{40}P_{60}K_{90}$ . Рентабельность при этом повышалась по сравнению с контролем на 61,0% и составляла 161,9%. При снижении дозы удобрений до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  прибыль с гектара посевов повышалась на 32 286 руб. и на 830,0 руб. в расчете на 1 ц ячменя. Рентабельность при этом повышалась на 75,7% и составляла 176,6%. Как показали исследования, применение микроудобрений явилось важным фактором повышения урожайности зерна ячменя, обеспечивая достоверные прибавки урожая. В среднем за годы исследований эффективность совместного применения микроэлементных и минеральных удобрений была примерно одинаковой. За счет лучшего усвоения питательных веществ применение

микроэлементного удобрения повышало урожайность по всем фонам удобренности, что сделало возможным сокращение доз внесения минеральных удобрений.

**Ключевые слова:** урожайность, ячмень, эффективность, микроэлементы, минеральные удобрения, рентабельность.

**E. N. Fedotova**, post graduate;  
**Yu. N. Fedorova**, Doctor of Agricultural Sciences, professor;  
**D. S. Komshanov**, Doctor of Economic Sciences, docent,  
*FSBEI HE "Velikolukskaya State Agricultural Academy"*  
(Russia, Velikie Luki, Pr. Lenin, 2; tel.: 8 (953) 243-32-27, e-mail: evgesha637@mail.ru)

## **THE IMPROVEMENT OF THE EFFICIENCY OF FERTILIZERS' USE FOR SPRING BARLEY SOWINGS**

According to three-year long researches and farming tests the article presents the efficiency of fertilizers' use combined with the compound microelement fertilizer "Akvadon-Mikro". The principle effect of microelements and their use with mineral fertilizers upon increase of barley productivity has been established. On average the grain productivity was 2.25 t/ha on the control variant. While using mineral fertilizers (in proportion of  $N_{40}P_{60}K_{90}$ ) the yield increased on 0.73 t/ha with the payback of 1 kg of NPK equal to 3.9 kg of grain. The use of the fertilizer "Akvadon-Mikro" increased the productivity up to 0.98 t/ha, with the payback of 1 kg of NPK equal to 5.2 kg of grain. The use of the fertilizer in proportion of  $N_{28}P_{40}K_{60}$  increased the productivity on 0.99 t/ha with the payback of 1 kg of NPK equal to 7.8 kg of grain. The farming experiments showed that the use of the fertilizer in a reduced to  $N_{28}P_{40}K_{60}$  proportion combined with the microelement fertilizer "Akvadon-Mikro" produced the largest yield of grain (3.89 t/ha), that is on 1.91 t/ha more than that of the control variant. The use of the fertilizers with this microfertilizer increased the profit per hectare on 31 745 rb and on 803.7 rb per 1 hwt of barley, if the fertilizer was used in proportion  $N_{40}P_{60}K_{90}$ . The profitability has increased on 61% compared with the control variant and it is 161.9%. When the fertilizer was used in proportion  $N_{28}P_{40}K_{60}$ , the profit per hectare increased on 32 286 rb and on 830 rb per 1 hwt of barley. The profitability has increased on 75.7% compared with the control variant and it is 176.6%. The study showed, the use of microfertilizers has become an important factor of barley productivity increase, providing reliable yields. On average during the years of study the efficiency of a combined use of microelements and mineral fertilizers was the same. Due to better assimilation of nutrients, the use of a microelement fertilizer increased productivity on the areas with various fertilizing, which made it possible to reduce the dosage of mineral fertilizers.

**Keywords:** productivity, barley, efficiency, microelements, mineral fertilizers, profitability.

**Введение.** В настоящее время эффективность применения удобрений в нашей стране снизилась [1]. Причиной этому явилось ухудшение экономической ситуации, сокращение объемов внесения удобрений (ввиду высокой стоимости), нарушение технологий возделывания. В связи с этим особо важное значение приобретает повышение эффективности минеральных удобрений за счет улучшения усвояемости растениями сельскохозяйственных культур элементов питания, снижение плодородия почв и др. [2].

Как известно, микроэлементы способствуют улучшению обмена веществ в растениях, содействуют нормальному течению физиолого-биохимических процессов, влияют на процессы синтеза хлорофилла и повышают интенсивность фотосинтеза [3, 4]. Таким образом, регуляция минерального питания растений с помощью микроэлементных удобрений – один из важнейших путей повышения эффективности внесения минеральных удобрений.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в рамках научной работы по теме «Совершенствование применения минеральных и микроэлементных удобрений нового поколения на ячмене в условиях Северо-Западного региона РФ» в течение 2014–2016 гг. на опытном поле ФГБНУ «Псковский НИИСХ» (д. Родина Псковского района Псковской области), а также в производственных условиях в ИП КФХ «Иванов Д. А.» Островского района Псковской области в течение 2016–2017 гг.

Климатические условия Псковской области и всего Северо-Западного района относятся к умеренно-континентальным. Среднегодовая температура воздуха здесь 4,5–5,5 °С. Годовое количество осадков (около 600 мм) значительно превышает их испарение (400 мм), что и приводит к промывному водному режиму почв [5].

Изменчивость метеоусловий за период исследований отмечалась не только по годам, но и в течение вегетационного периода, что оказало значительное влияние на рост, развитие и урожайность ячменя.

Посев ячменя в годы исследований проводили в первой-второй декаде мая при достаточной влажности почвы и удовлетворительной температуре воздуха (10,5–13,2 °С). По Псковскому району влажность почвы и температура воздуха в июне-июле были ниже средних многолетних значений, вследствие чего фазы кушения, выхода в трубку и колошения несколько затянулись.

Объектами исследований являлись яровой ячмень сорта Эльф и комплексное микроэлементное удобрение хелатного типа «Аквадон-Микро». Норма высева семян во всех опытах – 4,5 млн/га.

Опыт был заложен в соответствии с методикой полевого опыта [6], расчеты экономической эффективности использования средств химизации производили согласно

«Методике определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ» [7].

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений)
2.  $N_{40}P_{60}K_{90}$  (Фон)
3. Фон + МЭ
4. Фон +  $CaCO_3$
5. Фон +  $CaCO_3$  + МЭ
6.  $N_{28}P_{40}K_{60}$  + МЭ
7.  $N_{20}P_{30}K_{45}$  + МЭ
8.  $N_{28}P_{40}K_{60}$  +  $CaCO_3$  + МЭ
9.  $N_{20}P_{30}K_{45}$  +  $CaCO_3$  + МЭ

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая, супесчаная, имеющая кислую реакцию почвенного раствора ( $pH_{KCl} = 4,6$ ), высокое содержание подвижного фосфора (32,7 мг/100 г), повышенное содержание обменного калия (15,4 мг/100 г) и высокую степень насыщенности основаниями (60%). Площадь опытной делянки – 72, учетная – 55 м<sup>2</sup>, повторность опыта – трехкратная. Предшественником являлся клевер луговой. Известкование почвы проводили в паровом поле из расчета 0,5 гидролитической кислотности, которая составила 2,85 т/га. Дозы минеральных удобрений в количестве  $N_{40}P_{60}K_{90}$ ,  $N_{28}P_{40}K_{60}$  и  $N_{20}P_{30}K_{45}$  соответственно были внесены под предпосевную культивацию. Полная доза  $N_{40}P_{60}K_{90}$  была рассчитана для получения урожайности ячменя 30–35 ц с гектара.

В производственных условиях микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро» испытывали на фонах минерального питания  $N_{40}P_{60}K_{90}$  и  $N_{28}P_{40}K_{60}$ . Площадь посевов – 50 га. Предшественником являлся овес.

Островский район расположен в западной части центра Псковской области. Лежащий на Псковской низменности район отличается равнинностью рельефа. Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая, супесчаная, имеющая слабокислую реакцию почвенного раствора ( $pH_{KCl} = 5,4$ ), содержание подвижного фосфора – 15,7 мг/100 г, содержание обменного калия – 9,1 мг/100 г.

В опытах использовали следующие виды удобрений: аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий, которые вносили под предпосевную обработку почвы. Комплексное микроэлементное удобрение «Аквадон-Микро» для зерновых

культур при норме 2 л/га вносили в виде некорневой подкормки в фазы кушения и выхода в трубку. Уход за посевами включал обработку гербицидами «Магнум» (6 г/га) и «Гербитокс» (0,7 л/га), фунгицидом «Тилт» (0,5 л/га), инсектицидом «Децис» (0,04 г/га) и обработку от гельминтоспориоза «Титаном» (0,5 л/га).

Уборку и учет урожая проводили сплошным поделяночным методом с последующим взвешиванием на технических весах. Технология возделывания ячменя – общепринятая для Северо-Западного региона РФ. Урожайность зерна учитывали в переводе на 100% чистоту и 14% влажность.

### 1. Влияние микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро на урожайность зерна ячменя (2014–2016 гг.), т/га

Вариант	Урожайность, т/га	% к контролю	Окупаемость 1 кг NPK урожаем зерна, кг
1. Контроль (без удобрений)	2,25	100	
2. N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> (Фон)	2,98	133	3,9
3. Фон + МЭ	3,23	144	5,2
4. Фон + CaCO <sub>3</sub>	2,85	127	3,1
5. Фон + CaCO <sub>3</sub> + МЭ	3,02	134	4,0
6. N <sub>28</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + МЭ	3,24	144	7,8
7. N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub> + МЭ	3,20	142	10,0
8. N <sub>28</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + CaCO <sub>3</sub> + МЭ	3,09	137	6,6
9. N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub> + CaCO <sub>3</sub> + МЭ	2,87	128	6,6
НСП <sub>05</sub>	2,7		

В среднем за годы исследований урожайность зерна на контрольном варианте была 2,25 т/га (табл. 1). При внесении одних только минеральных удобрений в дозе N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> прибавка урожая составила 0,73 т/га при окупаемости 1 кг NPK прибавкой урожая, равной 3,9 кг зерна ячменя. Применение «Аквадона-Микро» увеличило прибавку урожая до 0,98 т/га, а окупаемость – до 5,2 кг зерна.

В варианте с дозой внесения N<sub>28</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> прибавка урожая была 0,99 т/га, и окупаемость 1 кг д. в. при этом увеличилась до 7,8 кг основной продукции. По варианту с дозой внесения минеральных удобрений N<sub>20</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub> прибавка была несколько ниже, однако окупаемость 1 кг д. в. возросла до 10,0 кг зерна ячменя.

Применение микроэлементного удобрения позволило повысить окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая с 5,2 до 7,8–10,0 кг зерна. При этом наибольшая окупаемость была получена при внесении дозы N<sub>20</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub>.

Производственные испытания проводили в Островском районе Псковской области

в 2016 и 2017 гг.

В результате проведенных опытов было установлено влияние микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» на урожайность ярового ячменя. Наибольший эффект от применяемого микроудобрения был получен по фону дозы минеральных удобрений  $N_{28}P_{40}K_{60}$ .

На контроле урожайность составила 1,98 т/га, при внесении минеральных удобрений была получена прибавка урожая 0,81–1,30 т/га (рис. 1), обработка микроудобрением увеличила этот показатель до 1,89–1,91 т/га.

Эффективность применения удобрений оценивается по прибавке урожайности зерна (т/га) или окупаемостью единицы (кг) вносимых удобрений продукцией, выраженной в кг натуральной продукции или в зерновых единицах. Окупаемость удобрений прибавкой урожая определяется в производственных и полевых опытах в типичных для данного района условиях. Наибольшая эффективность достигается при научно обоснованном сочетании доз минеральных удобрений, применения микроэлементных препаратов и других средств химизации.

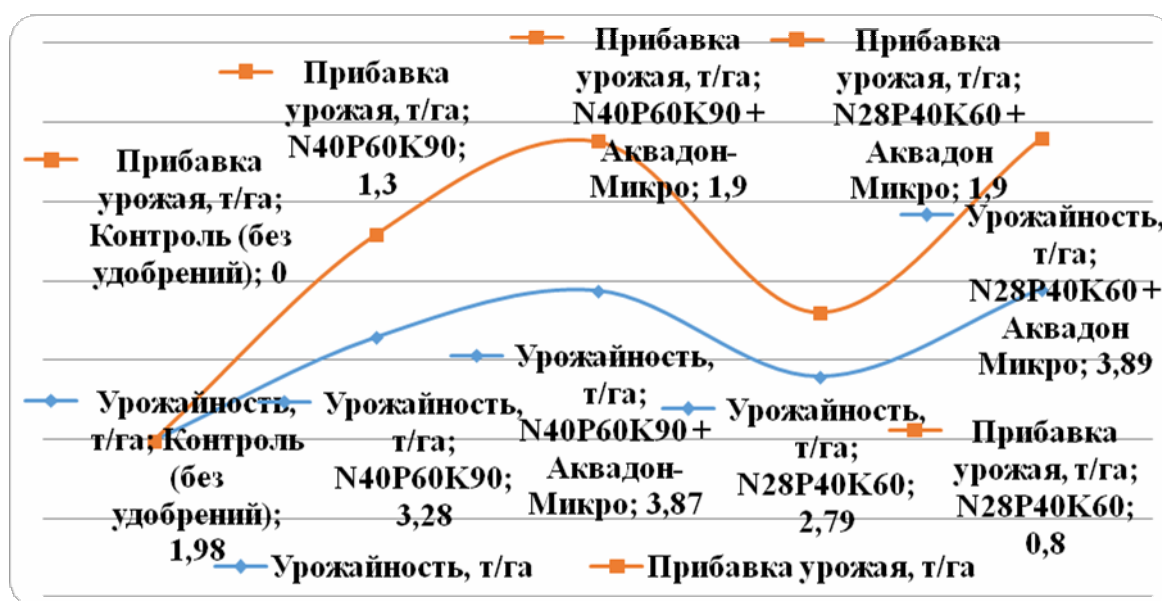


Рис. 1. Эффективность применения «Аквадона-Микро» в производственных условиях

Применение препарата «Аквадон-Микро» на посевах ячменя в производственных условиях показало высокую экономическую эффективность (табл. 2). По фону дозы минеральных удобрений  $N_{40}P_{60}K_{90}$ , обработанному «Аквадоном-Микро», урожайность ячменя повышалась на 0,67 т/га, или на 20,4%. При снижении дозы до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  эффект от применения «Аквадона-Микро» был еще выше – прирост урожайности составил 1,10

т/га, или 39,4%.

В расчете на 1000 руб. затрат на удобрения и микроэлементы прирост урожайности ячменя при полной дозе удобрений составил 0,29 т/га, в том числе за счет удобрений – 0,27, микроэлементов – 0,32 т/га.

При сниженной до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  дозе удобрений общий прирост урожайности составил 0,35 т/га, в том числе за счет удобрений – 0,24, микроэлементов – 0,52 т/га. Рост урожайности ячменя дает значительный экономический эффект в виде снижения затрат на единицу продукции. Так, при внесении удобрений в дозе  $N_{40}P_{60}K_{90}$  себестоимость производства 1 ц ячменя снижается на 150,74 руб., или на 23,3%, а при сниженной до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  – на 177,03 руб., или на 27,7%.

## 2. Экономическая эффективность применения препарата «Аквадон-Микро» на посевах ячменя (2016–2017 гг.)

Показатель	Контроль	$N_{40}P_{60}K_{90}$	$N_{40}P_{60}K_{90}$ + Аквадон- Микро, 2 л/га	$N_{28}P_{40}K_{60}$	$N_{28}P_{40}K_{60}$ + Аквадон- Микро, 2 л/га
Площадь посева ячменя, га	10	10	10	10	10
Затраты, руб.	128 118	175 363	196 048	161 646	182 843
Валовой сбор зерна, ц	198	328	395	279	389
Урожайность ячменя, ц/га	19,8	32,8	39,5	27,9	38,9
Дополнительные затраты на 1 га, руб.		4724	6793	3353	5472
в том числе:					
на удобрения		4724	4724	3353	3353
на микроэлементы			2069		2120
Прирост урожайности, ц/га		+13,0	+19,7	+8,1	+19,1
за счет удобрений		+13,0	+13,0	+8,1	+8,1
за счет микроэлементов			+6,7		+11,0
Прирост урожайности на 1000 руб. дополнительных затрат, ц		+2,75	+2,90	+2,42	+3,49
за счет удобрений		+2,75	+2,75	+2,42	+2,42
за счет микроэлементов			+3,24		+5,19
Затраты на 1 га, руб.	12 812	17 536	19 605	16 165	18 284
Затраты на 1 ц, руб.	647,06	534,64	496,32	579,38	470,03
Экономия затрат на 1 ц ячменя, руб.		112,42	150,74	67,69	177,03
Экономия затрат на 1 ц ячменя, %		17,4	23,3	10,5	27,4
Возможная цена реализации ячменя, руб./кг	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Окупаемость дополнительных затрат, руб.		3,58	3,77	3,14	4,54
на удобрения		3,58	3,58	3,14	3,14
на микроэлементы			4,21		6,75

Прибыль с 1 га, руб.	12 928	25 104	31 745	20 105	32 286
Прибыль на 1 ц продукции, руб.	652,9	765,4	803,7	720,6	830,0
Рентабельность, %	100,9	143,2	161,9	124,4	176,6
Прирост рентабельности, %		+42,2	+61,0	+23,5	+75,7
за счет удобрений		+42,2	+42,2	+23,5	+23,5
за счет микроэлементов			+18,8		+52,2

Приведенные расчеты показывают высокую экономическую эффективность применения микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» в большей степени при сниженной до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  дозе внесения минеральных удобрений. При средней по Псковской области цене реализации ячменя 13,0 руб./кг окупаемость дополнительных затрат при полной дозе внесения удобрений составила 3,77 руб., в том числе затрат на удобрения – 3,58 руб., на микроэлементы – 4,21 руб. При снижении дозы до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  окупаемость дополнительных затрат составила 4,54 руб., в том числе затрат на удобрения – 3,14 руб., затрат на микроэлементы – 6,75 руб.

Использование удобрений в сочетании с микроудобрением «Аквадон-Микро» повышало прибыль с гектара посевов на 31 745 руб. и на 803,7 руб. в расчете на 1 ц ячменя при полной дозе внесения удобрений. Рентабельность при этом повышалась по сравнению с контролем на 61,0% и составляла 161,9%. При снижении дозы удобрений до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  прибыль с гектара посевов повышалась на 32 286 руб. и на 830,0 руб. в расчете на 1 ц ячменя. Рентабельность при этом повышалась на 75,7% и составляла 176,6%.

**Выводы.** Таким образом, с экономической точки зрения наиболее целесообразно применение удобрений на посевах ячменя в сниженной до  $N_{28}P_{40}K_{60}$  дозе внесения удобрений в сочетании с микроэлементным удобрением «Аквадон-Микро». Изученные удобрения рекомендуется применять на дерново-подзолистой почве Северо-Западного региона РФ.

### Литература

1. Эффективность применения удобрений культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agro-archive.ru/sistema-udobreniya/995-effektivnost-primeneniya-udobreniy.html>.
2. Зяблов, Е. С. Экономическая эффективность применения удобрений при производстве зерна / Е. С. Зяблов // Вестник СибГАУ. – 2006. – № 4(11). – С. 83–86.
3. Анспок, П. И. Совершенствование способов применения микроэлементов в растениеводстве / П. И. Анспок // Микроэлементы в биологии и их использование в медицине: тез. докладов / Самарский ГУ. – Самара, 1990. – С. 115–116.



4. Сабинин, Д. А. Избранные труды по минеральному питанию растений / Д. А. Сабинин. – М.: Наука, 1971. – 512 с.
5. Иванов, И. А. Почвы Псковской области и их сельскохозяйственное использование / И. А. Иванов, В. П. Спасов, А. И. Иванов. – Великие Луки, 1997. – 263 с.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с
7. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов НИОКР, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: Россельхозиздат, 1984.

### **Literature**

1. Efficiency of application of fertilizers [e-resource]. – Available at: <http://agro-archive.ru/sistema-udobreniya/995-effektivnost-primeneniya-udobreniy.html>.
2. Zyablov, E. S. Economic efficiency of fertilizer application in grain production / E. S. Zyablov // Vestnik of Siberian State University of Agriculture. – 2006. – No. 4(11). – Pp. 83–86.
3. Anspok, P. I. Improvement of ways of application of microelements in plant growing / P. I. Anspok // Microelements in biology and their use in medicine: rev. of rep. / The Samara State University. – Samara, 1990. – Pp. 115–116.
4. Sabinin, D. A. Selected works on mineral nutrition of plants / D. A. Sabinin. – М.: Science, 1971. – 512 p.
5. Ivanov, I. A. Soils of the Pskov region and their agricultural use / I. A. Ivanov, V. P. Spasov, A. I. Ivanov. – Velikie Luki, 1997. – 263 p.
6. Dospekhov, B. B. Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results). – 5<sup>th</sup> ed., add., appr. / B. B. Dospekhov. – М.: Agropromizdat, 1985. – 351 с.
7. Methodology for determining the economic efficiency of using the results of NIOKR, new technology, inventions and rationalization proposals in agriculture. – М.: Rosselkhozizdat, 1984.