

Научная статья

Original article

УДК 338.43.02

DOI 10.55186/25876740_2023_7_6_41

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ США: ТЕНДЕНЦИИ, ФАКТОРЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ**
THE USE OF MINERAL FERTILIZERS IN US AGRICULTURE: TRENDS,
FACTORS, PROSPECTS



Овчинников Олег Григорьевич, д.э.н, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт США и Канады РАН (ИСКРАН)», e-mail: olego-2005@yandex.ru

Ovchinnikov Oleg Grigorievich, Doctor of Economics, Chief Researcher of the Institute of the USA and Canada of the Russian Academy of Sciences (ISKRAN), e-mail: olego-2005@yandex.ru

Аннотация. Использование минеральных удобрений в качестве подкормки под сельскохозяйственные культуры является одним из важнейших факторов роста их урожайности. На протяжении последних 60-70 лет в мире наблюдался поступательный рост использования удобрений. Россия, как один из крупнейших их производителей и нетто-экспортеров является бенефициаром этого процесса. В то же время, в последние 20-25 лет в развитых в аграрном отношении странах мира, прежде всего, США, наблюдается тенденция стабилизации объемов применения минеральных подкормок при продолжении тенденции роста урожайности культур под

которые они вносятся. Одной из важнейших причин этого является внедрение новых информационных технологий, в частности, технологии точного земледелия. В связи с этим в настоящей работе исследуются факторы, влияющие на применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве США, а также на примере кукурузы оценивается возможная экономия от использования технологии точного земледелия.

Abstract. The use of mineral fertilizers as a top dressing for agricultural crops is one of the most important factors in the growth of their productivity. Over the past 60-70 years, there has been a steady increase in the use of fertilizers in the world. Russia, as one of the largest producers and net exporters of them, is the beneficiary of this process. At the same time, in the last 20-25 years, in the agriculturally developed countries of the world, primarily the United States, there has been a tendency to stabilize the volume of application of mineral fertilizers while continuing the trend of increasing crop yields for which they are applied. One of the most important reasons for this is the introduction of new information technologies, in particular, precision farming technology. In this regard, this paper examines the factors influencing the use of mineral fertilizers in US agriculture, and also evaluates the possible savings from using precision farming technology using the example of corn.

Ключевые слова. Сельское хозяйство США, эффективность сельского хозяйства, минеральные удобрения, эффективность применения минеральных удобрений, технология точного земледелия

Keywords. Agriculture of the USA, agricultural efficiency, mineral fertilizers, the effectiveness of the use of mineral fertilizers, precision farming technology

Введение

В настоящее время в мировой экономике существует несколько групп товаров, которые относятся к числу стратегических. Их наличие на мировом рынке в достаточном количестве является необходимым условием её

поступательного, без потрясений, развития. Одним из таких товаров являются минеральные удобрения. Об их «исключительном» статусе можно судить по тому факту, что при всей жесткой санкционной политике стран Запада в отношении России в связи с проведением СВО, минеральные удобрения де-факто не были включены в перечень санкционных товаров, их экспорт из Российской Федерации продолжается, в том числе и в США.

Россия является одним из крупнейших в мире производителей минеральных удобрений. При этом их производство намного превышает не только имеющиеся, но и потенциальные потребности страны - даже с учетом полного задействования всех имеющихся сельскохозяйственных земель и максимального внедрения интенсивных технологий земледелия. Это ставит на повестку дня актуальный вопрос о росте экспорта удобрений, прежде всего в регионы интенсивного сельскохозяйственного производства, выпуск удобрений в которых не покрывает, собственные нужды. Одной из таких стран является признанный лидер аграрного мира США.

Осенью 2023 г. в прессе неоднократно отмечался тот факт, что по результатам первого полугодия 2023 г. Россия вышла на второе, после традиционного поставщика удобрений в США - Канады, их экспортера в эту страну. Возникает резонный вопрос: насколько перспективным является рынок США для российских поставщиков удобрений. Ответ на него не столь однозначен – не только вследствие факторов политического характера, но из-за новых трендов в потреблении удобрений, которые наметились в сельском хозяйстве США последние четверть века. Их продолжение может привести не только к имеющей место в настоящее время стабилизации объемов применения минеральных удобрений, но даже к абсолютному снижению уровня их использования, и, соответственно, потребности в них по импорту. Более того, факторы, ставшие причиной вышеупомянутых тенденций, а именно новые технологические новшества, будучи адаптированы в других

странах, могут привести вообще к уменьшению мирового потребления минеральных удобрений.

Основная цель настоящей работы – оценка тенденций, сложившихся в использовании минеральных удобрений в США, а также основных факторов их формирующих. На основе этого анализа сделаны выводы о возможных перспективах потребления минеральных удобрений, как в США, так и в мировом масштабе.

США и особенности потребления минеральных удобрений в мире

Использование минеральных удобрений в растениеводстве является одним из основных факторов высокой урожайности сельскохозяйственных культур, а потому, в виду роста потребности в продовольствии их использование последние полвека динамично растет. Так, в нынешнем веке (2000-2020 годы) использование минеральных удобрений в мире выросло почти на 50% (с 135 до 200 млн т), что, безусловно стало одним из наиболее весомых факторов роста производства растениеводческой продукции.¹ В частности, за этот период производство сельскохозяйственных культур выросло на 52% до 9,3 млрд тонн.² Следует отметить, что за этот период площади сельскохозяйственных земель уменьшились – с 3,385 до 3,182 млрд га, т.е. на 6%.³ Таким образом, весь прирост производства продукции пришелся на факторы интенсификации, среди которых минеральные удобрения, наряду со средствами защиты растений и улучшенными сортами семян, являются одними из основных.

В то же время, за последние примерно четверть века в динамике изменения объемов использования минеральных удобрений и роста урожайности наметились значительные изменения.

¹ База данных FAOSTAT: Fertilizers by Nutrient. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN> (accessed 03.12.2023)

² FAO. 2022. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Rome, p.13

³ Ibid., p.84

В таблице 1 представлены данные по динамике применения минеральных удобрений за период 2000-2020 годов в целом по миру, а также пяти крупнейших (по размеру площади сельхозземель) аграрным странам – Китай, Индия, США, Бразилия и Россия. В таблице 2 те же данные представлены в разрезе отдельных видов удобрений в расчете на 1 га сельскохозяйственных земель.

Таблица 1. Объем применения минеральных удобрений (в действующем веществе), 2000-2020 годы, мир в целом и по странам

Регион	Объем, млн тонн			Доля, 2020
	2000	2020	+/-, %	%
Мир	134,9	200,6	49%	100%
Китай	34,2	45,8	34%	23%
Индия	16,7	32,5	95%	16%
Бразилия	6,6	20,4	210%	10%
США	19,7	19,9	1%	10%
Прочие	57,7	82,0	42%	41%
в т.ч. Россия	1,42	3,081	117%	1,5%

Источник: FAO. 2022. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Rome, pp.144-148

Таблица 2. Уровень применения минеральных удобрений (в действующем веществе по отдельным видам N, P₂O₅, K₂O), в расчете на 1 га сельскохозяйственных земель, 2000-2020 годы, мир в целом и по странам

Страна/регион	Уровень применения, кг/га								Прирост 2020/2000, %			
	Азотные		Фосфорные		Калийные		ВСЕГО		Азотные	Фосфорные	Калийные	ВСЕГО
	2000	2020	2000	2020	2000	2020	2000	2020				
Мир, всего	54	73	22	31	15	25	90	129	34%	44%	74%	43%
в том числе:												
Китай	169	191	66	73	27	74	261	338	13%	11%	178%	29%
Бразилия	30	93	43	114	47	114	120	321	206%	167%	143%	168%
Индия	64	121	25	53	9	19	98	193	88%	115%	103%	96%
США	60	72	22	25	25	27	107	124	20%	14%	6%	16%
Россия	8	16	2	6	1	4	11	25	104%	155%	179%	121%

Составлено по: FAO. 2022. FAOSTAT: Fertilizers by Nutrient. In: FAO. Rome. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN>. pp. 149-153

По данным таблицы 1 видно, что большая часть потребления минеральных удобрений сосредоточена в четырех странах – мировых аграрных лидерах – Китай, Индия, Бразилия и США. На них приходится

почти 60% мирового потребления минеральных удобрений. При этом темпы прироста объемов потребляемых удобрений в этих странах в текущем столетии сильно разнятся. Так, если объемы их потребления в Бразилии выросли более, чем в три раза, то в США они практически не изменились.

Примерно та же динамика применения минеральных удобрений наблюдается в расчете на единицу площади сельскохозяйственных угодий (таблица 2). В США этот показатель составляет наименьшие из упомянутых стран 16%.

Основными сельхозкультурами под которые вносятся минеральные удобрения в мире в настоящее время являются три – кукуруза, пшеница и рис. На них приходится почти половина все используемых минеральных удобрений (диаграмма 1).

Диаграмма 1. Средний уровень потребления минеральных удобрений в мире, между различными с/х культурами, процентов



Источник: Рынок минеральных удобрений в 2022 году: государственное регулирование и санкции – DELOVY PROFIL. URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-mineralnykh-udobreniy-v-2022-godu-gosudarstvennoe-regulirovanie-i-sanktsii/>

С учетом этого в таблице 3 проведен анализ динамики урожайности перечисленных сельскохозяйственных культур за период двадцать лет в нынешнем столетии, в сравнении с соответствующим ростом использования минеральных удобрений. Данные таблицы следует дополнить двумя замечаниями. Во-первых, не все перечисленные культуры являются «профильными» в упомянутых странах. Например, производство риса в США, России и Бразилии, равно, как кукурузы в Индии, не практикуется в широких объемах. Во-вторых, вследствие недоступности статистики по внесению минеральных удобрений отдельных видов (N, P, K) под упомянутые культуры, сравнение проведено с общим объемом использованных удобрений, что, конечно, ограничивает возможности анализа. Тем не менее, на решение задачи, поставленной в настоящей статье, - выявления общего тренда в эффективности использования минеральных удобрений, - данные обобщения могут быть признаны допустимыми.

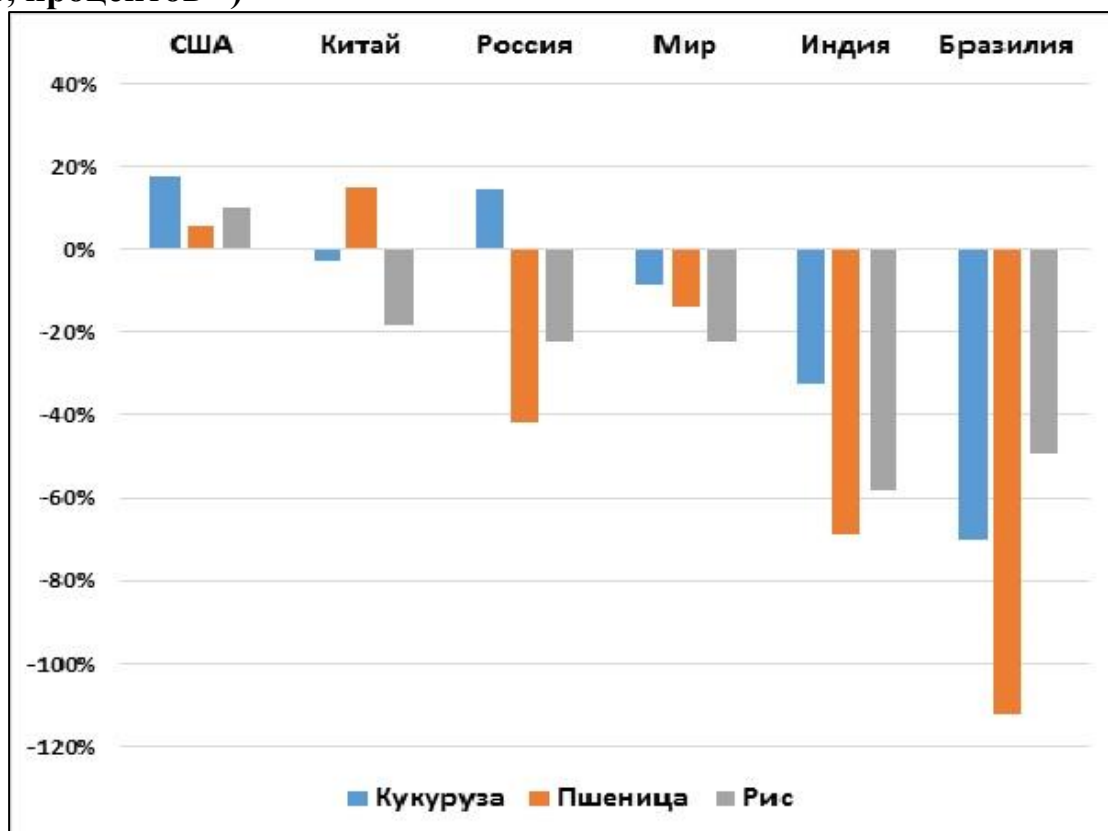
Таблица 3. Динамика урожайности основных с/х культур (с 1996-00 и 2016-20 годы в среднем ежегодно), использования минеральных удобрений (2000 и 2020 годы), по странам

Страна	Кукуруза			Пшеница			Рис			Минеральные удобрения
	1996-2000	2016-2020	+/-, %	1996-2000	2016-2020	+/-, %	1996-2000	2016-2020	+/-, %	
Мир	43	58	34%	27	35	29%	38	46	21%	43%
в том числе:										
США	83	110	33%	27	33	22%	67	84	26%	16%
Китай	49	62	26%	38	55	44%	63	70	11%	29%
Индия	18	29	63%	26	33	27%	29	40	38%	96%
Бразилия	27	53	98%	17	27	56%	28	61	119%	168%
Россия	22	52	135%	16	28	79%	28	56	99%	121%

Составлено по данным: База данных FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, (accessed 03.12.2023)

Сравнение динамики использования минеральных удобрений с динамикой роста урожайности по выбранным сельскохозяйственным культурам, позволяет рассчитать показатель равный разнице между приростом урожайности и приростом использования удобрений, который условно назовем эффективностью их использования. Результаты таких расчетов представлены на диаграмме 2.

Диаграмма 2. Эффективность использования минеральных удобрений: прирост урожайности - прирост использования удобрений, за период 20 лет, процентов *)



Рассчитано по: FAOSTAT: Fertilizers by Nutrient. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN> (accessed 03.12.2023)

*) прирост использования минеральных удобрений – в 2020 г. в сравнении с 2000 годом; прирост урожайности – в среднем в 2016-2020 годах в сравнении с 1996-2000 годами.

Нетрудно заметить, что только в США показатели «эффективности использования минеральных удобрений» положительны для всех трех культур. При этом уровень использования удобрений является весьма умеренным – за исключением России наименьшим из четырех стран – мировых аграрных лидеров. В то же время, урожайность, достигнутая для выбранных сельхозкультур, является в США наивысшей. Исключение составляет пшеница, урожайность которой в Китае значительно выше, однако при кратном превышении уровня использования минудобрений.

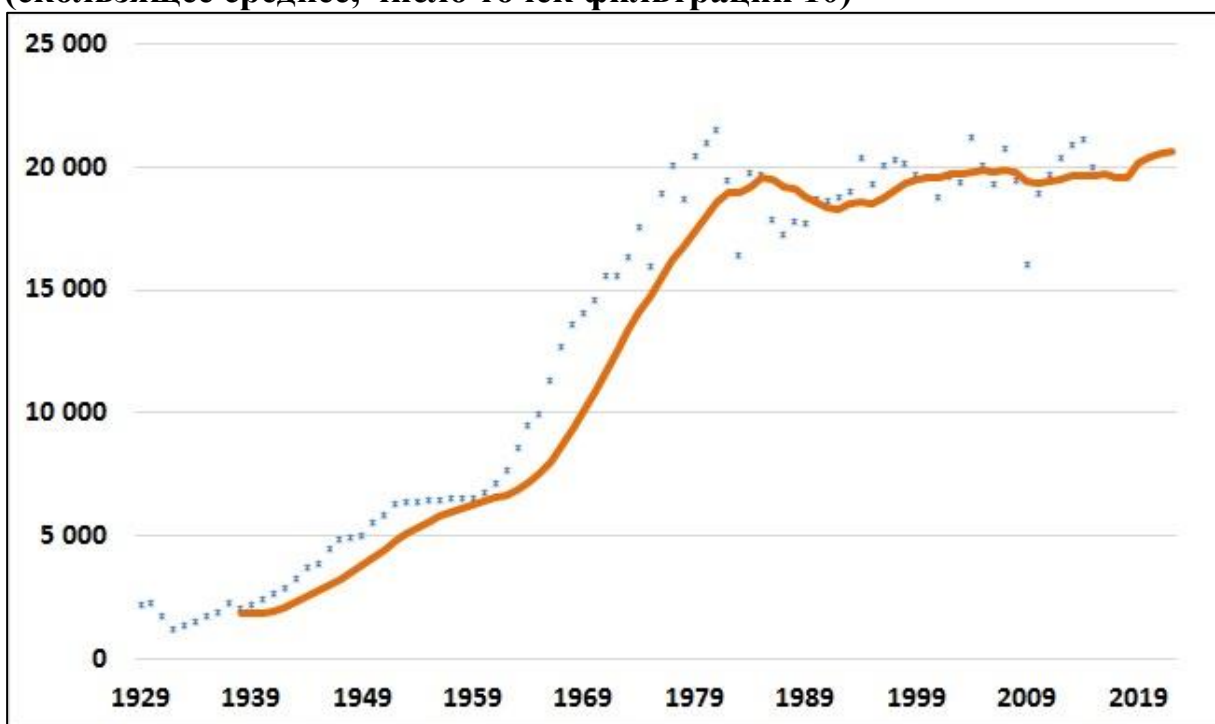
Выявленный «феномен» высокой эффективности использования минеральных удобрений в США требует, во-первых, выявления основных

факторов этого, во-вторых, понимания того, насколько «тиражируемым» может быть такой опыт в других странах.

Использование минеральных удобрений в США: структура и тенденции

США – признанный мировой аграрный лидер. Страна ранее всех других развитых в аграрном отношении стран мира встала на путь интенсификации сельского хозяйства, одним из этапов которого стал рост применения минеральных удобрений. На диаграмме 3 представлена динамика их использования начиная с 1930-х годов.

Диаграмма 3. Динамика использования минеральных удобрений в сельском хозяйстве США, 1930-2020 годы, 1000 тонн (в действующем веществе), фактические данные «сглажены» линейной фильтрацией (скользящее среднее, число точек фильтрации 10)



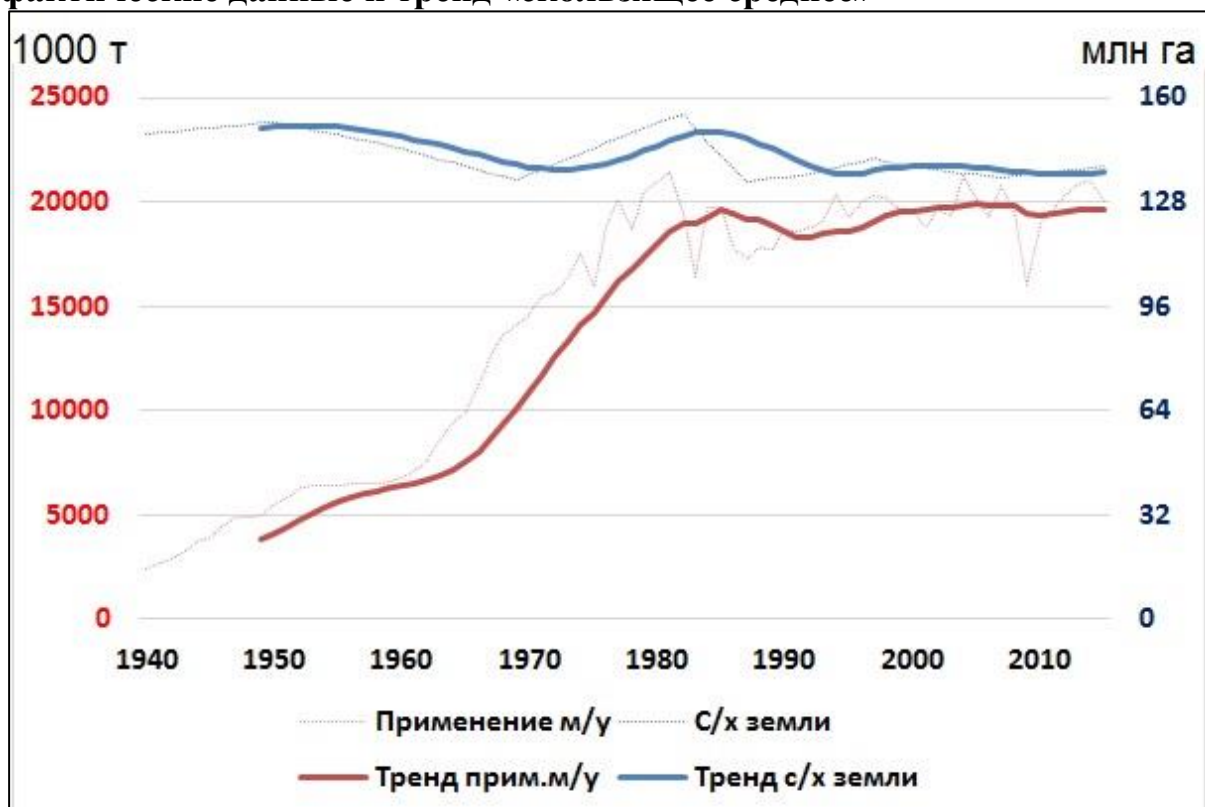
Составлено по: ERS/USDA Database. URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price/> (accessed 01.12.2023)

Приведенные данные позволяют условно разделить весь анализируемый период на две части. Во-первых, период роста использования удобрений, сначала поступательный (до начала 1960-х годов) затем «взрывной» - в течение последующих 20 лет (до начала 1980-х годов). Во-

вторых, период стабилизации, начиная с 1980-х годов, в целом уровня использования минеральных удобрений.

С целью выявления факторов описанной динамики, прежде всего, проведем сравнение изменения объема использования минеральных удобрений и площади задействованных в сельхозпроизводстве земель (диаграмма 4). Для более наглядного сравнения, данные обоих показателей на диаграмме представлены также в виде трендов – технического индикатора «скользящее среднее» с числом точек фильтрации равным десяти.

Диаграмма 4. Динамика изменения использования минеральных удобрений и площади сельскохозяйственных земель (cropland used for crops) в США, 1940-2015 годы, 1000 т (в действующем веществе), фактические данные и тренд «скользящее среднее»



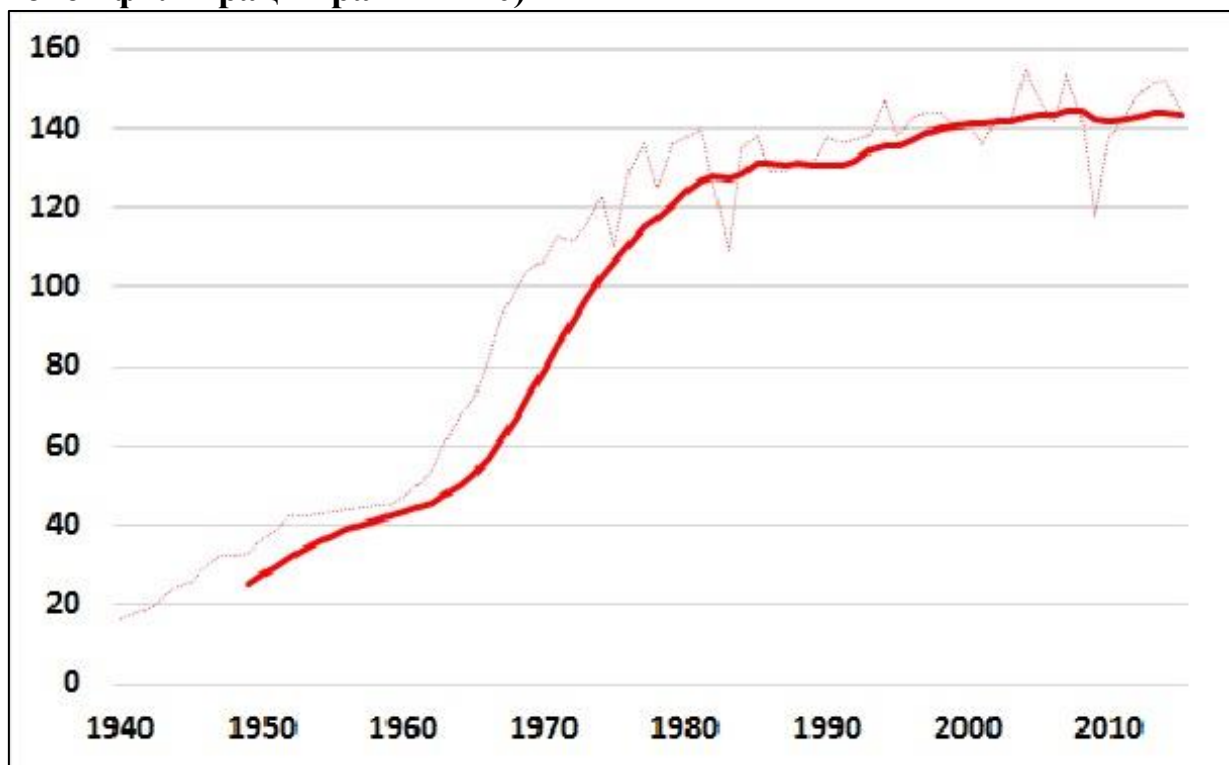
Составлено по: ERS/USDA Database.. URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price/> (accessed 01.12.2023); Agricultural Statistics, NASS/USDA, different years

Анализ диаграммы показывает, что переломным моментом стал сильнейший финансовый кризис начала 1980-х годов (резкое падение использования минеральных удобрений в 1981-83 годах). До этого использование минеральных удобрений росло, сначала несмотря на

уменьшение площади сельскохозяйственных земель (до начала 1970-х годов), а затем, отчасти благодаря их расширению – в связи с резким ростом цен на мировом аграрном рынке середины 1970-х годов. Снижение потребления минудобрений в 1980-е годы совпало с уменьшением площади сельхозземель, которое имело место отчасти вследствие начала широкомасштабных государственных программ консервации земель, а также внедрения почвозащитных практик (в частности, нулевой обработки земли). Так, только по программе консервационного резерва из хозяйственного оборота к середине 1990-х года было выведено почти 8% (около 11 млн га) пахотных земель. В 1990-е годы, особенно к концу десятилетия на фоне стабилизации площадей под сельскохозяйственными культурами наступает период постепенной стабилизации объемов использования минеральных удобрений. В дальнейшем эта тенденция не претерпела изменений.

Описанный процесс наглядно виден по данным диаграммы 5, где за тот же, что на диаграмме 4 период, представлен показатель применения минеральных удобрений в расчете на единицу площади сельскохозяйственных земель. Начиная примерно с рубежа 1990-х и нулевых годов значение этого показателя практически стабилизировалось. С учетом продолжающегося роста урожайности сельхозкультур, это является проявлением одной из двух причин. Во-первых, прекращении действия фактора «минеральных удобрений» в качестве драйвера роста эффективности растениеводства США. Либо, во-вторых, ростом собственно эффективности использования удобрений. На наш взгляд, первое трудно предположить, и потому, как это будет показано ниже на примере кукурузы, имело место действие второй причины.

Диаграмма 5. Динамика использования минеральных удобрений в сельском хозяйстве США в расчете на единицу площади сельскохозяйственных земель 1940-2015 годы, кг/га (в действующем веществе), фактические данные и тренд «скользящее среднее» (с числом точек фильтрации равным 10)



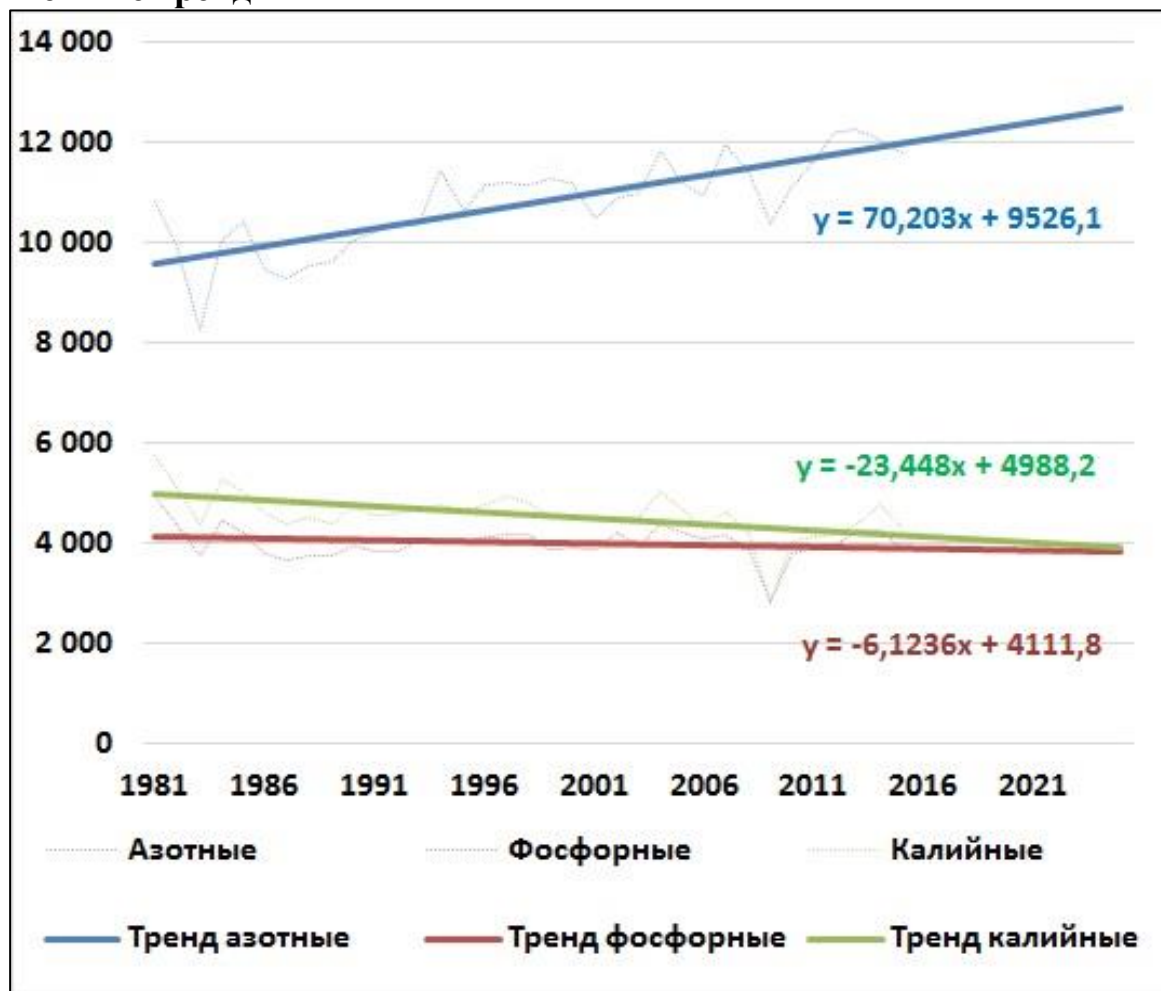
Составлено по: ERS/USDA Database.. URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price/> (accessed 01.12.2023); Agricultural Statistics, NASS/USDA, different years

Следует отметить, что помимо фактора площади сельхозземель динамику использования минеральных удобрений в сельском хозяйстве определял также ряд других. В частности, помимо упомянутого выше совершенствования в методах агротехники особо следует отметить активное внедрение новых ГМО-сортов сельскохозяйственных растений, в том числе более эффективных в части усвоения питательных веществ из вносимых удобрений. Примечательно, что в настоящее время практически вся возделываемая в США кукуруза, - культура, под которую вносится более 40% всех минеральных удобрений в США, - относится к ряду ГМО.

Следующим шагом анализа является рассмотрение динамики применения минеральных удобрений в разрезе отдельных его видов (азотные - фосфорные - калийные). На диаграмме 6 представлена изменение этих

показателей начиная с 1980-х годов. Для целей анализа на диаграмме построены линейные тренды представленных данных. Нетрудно заметить, что рост использования минеральных удобрений в этот период имел место в основном за счет прироста использования азотных удобрений, который в определенной степени продолжается до сих пор. В то же время, объемы использования калийных и фосфорных удобрений оставались относительно постоянными, более того, последние 15-20 лет наметилась некоторая тенденция уменьшения их потребления.

Диаграмма 6. Динамика применения минеральных удобрений, по отдельным видам, 1981-2015 годы, 1000 т, фактические данные и линейные тренды



Составлено по: ERS/USDA Database.. URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price/>
(accessed 01.12.2023)

Как было отмечено выше, начиная с рубежа веков использование минеральных удобрений в расчете на 1 га площади сельхозземель

практически стабилизировалось. На наш взгляд, это есть следствие действия нового фактора – использование практики «точного земледелия», приобретающей последние 20 лет все более возрастающее значение. Для исследования этого явления возьмем в качестве примера кукурузу – культуру, под которую вносится около 40-42% всех удобрений, применяемых в сельском хозяйстве США (таблица 4).

Таблица 4. Количество (в действующем веществе) и доля удобрений разных видов, вносимых под отдельные сельскохозяйственные культуры в США, 1964-2018 годы, по периодам в среднем за год, процентов

Период	Кукуруза	Хлопок	Соя	Пшеница	Прочие	Всего
Азотные						
1964-18	4 554	416	112	1 467	3 932	10 480
%	43%	4%	1%	14%	38%	100%
2000-18	5 211	461	149	1 647	5 021	12 489
%	42%	4%	1%	13%	40%	100%
Фосфорные						
1964-18	1 912	167	400	595	1 489	4 563
%	42%	4%	9%	13%	33%	100%
2000-18	1 846	178	532	590	1 352	4 499
%	41%	4%	12%	13%	30%	100%
Калийные						
1964-18	2 143	161	674	226	1 706	4 910
%	44%	3%	14%	5%	35%	100%
2000-18	2 000	233	920	172	1 654	4 979
%	40%	5%	18%	3%	33%	100%

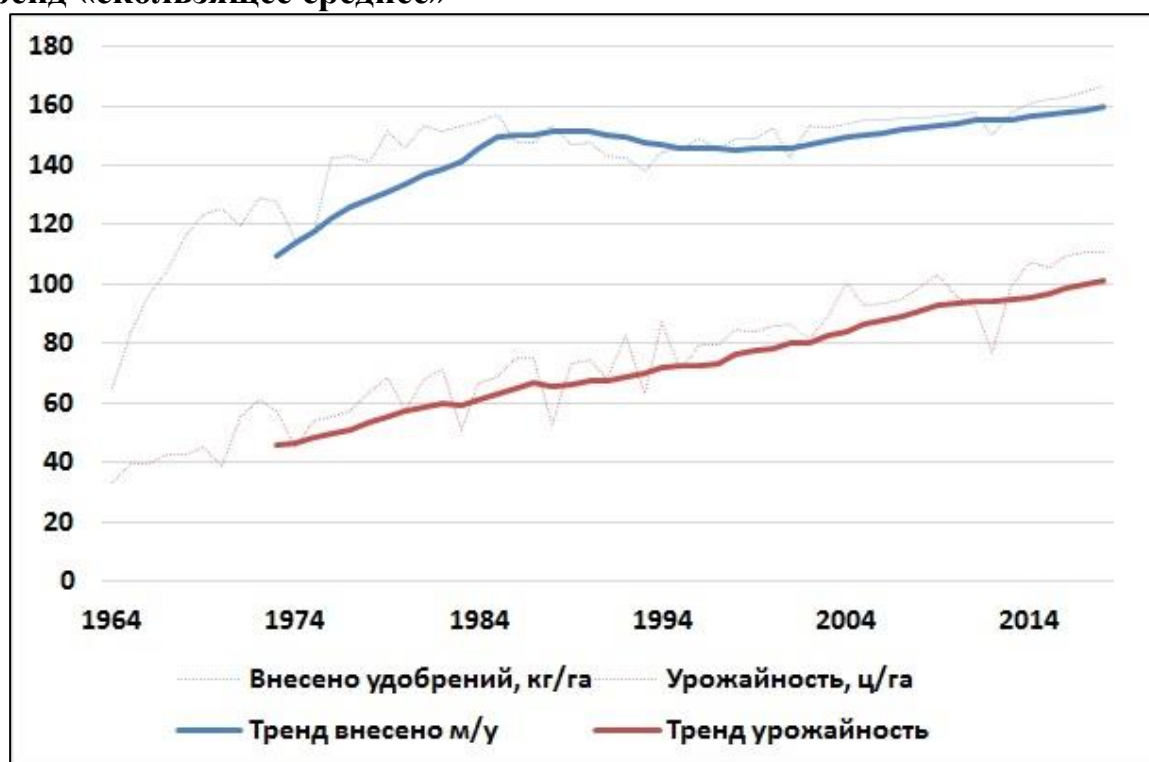
Составлено по: ERS/USDA Database.. URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price/> (accessed 01.12.2023)

Следует добавить, что за последние два десятилетия 94-98% посевов кукурузы получают подкормку в виде азотных удобрений. Для других видов удобрений эти показатели более скромные: фосфорные – 80-85%, калийные – 60-70%.⁴

⁴ ERS/USDA Databases: URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price/> (accessed 01.12.2023)

Анализ зависимости динамики урожайности кукурузы от уровня внесения азотных удобрений представлен на диаграмме 7 и наглядно свидетельствует о наличии взаимосвязи этих показателей. Зависимость эта не прямая – рост значений происходит с различной скоростью, а именно, урожайность – более высокими темпами, нежели уровень применения удобрений. Так, с 2000 по 2018 год прирост первой составил в целом почти 30%, тогда, как второго – 10%. Это свидетельствует о наличии прочих, помимо уровня внесения удобрений, факторов роста урожайности. Заметим также, что уровни внесения фосфорных и калийных удобрений за указанный период были стабильны и даже снижались.

Диаграмма 7. Динамика уровня внесения азотных удобрений (кг/га) и урожайности (ц/га) кукурузы, 1964-2018 годы, фактические данные и тренд «скользящее среднее»



Составлено по: ERS/USDA Database.. URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price/>
(accessed 01.12.2023)

С конца 1990-х годов в сельском хозяйстве США происходило активное внедрение информационных технологий, одним из направлений которых стало весьма распространенная в настоящее время на фермах страны

технология точного земледелия. Суть её в применении к рассматриваемому вопросу состоит в дозированном, осуществляемом специальной техникой, внесении удобрений в зависимости от содержания в почве питательных веществ на каждом участке обрабатываемого поля.⁵ Практика показывает, что в реальности дозы внесения удобрений в целом зачастую заметно превышают необходимые – с учетом возможного уровня извлечения питательных веществ растениями из почвы. Использование технологии точного земледелия, с учетом данных по содержанию уже имеющихся питательных на каждом конкретном участке поля, позволяет вносить те дозы удобрений, которые наиболее оптимально соответствуют необходимому уровню указанного показателя.

Его численной характеристикой является индекс «извлечение питательных веществ» (nutrient recovery), который показывает отношение количества питательных веществ в собранном урожае к их внесённому с минеральными удобрениями количеству. Его значение варьируется от 0 до 100, где 0 соответствует наименее эффективному (когда ничего из питательных веществ из внесённых удобрений не было использовано растениями), а 100 - наиболее эффективное использование (когда все внесённые в почву питательные вещества были без остатка усвоены растениями).⁶

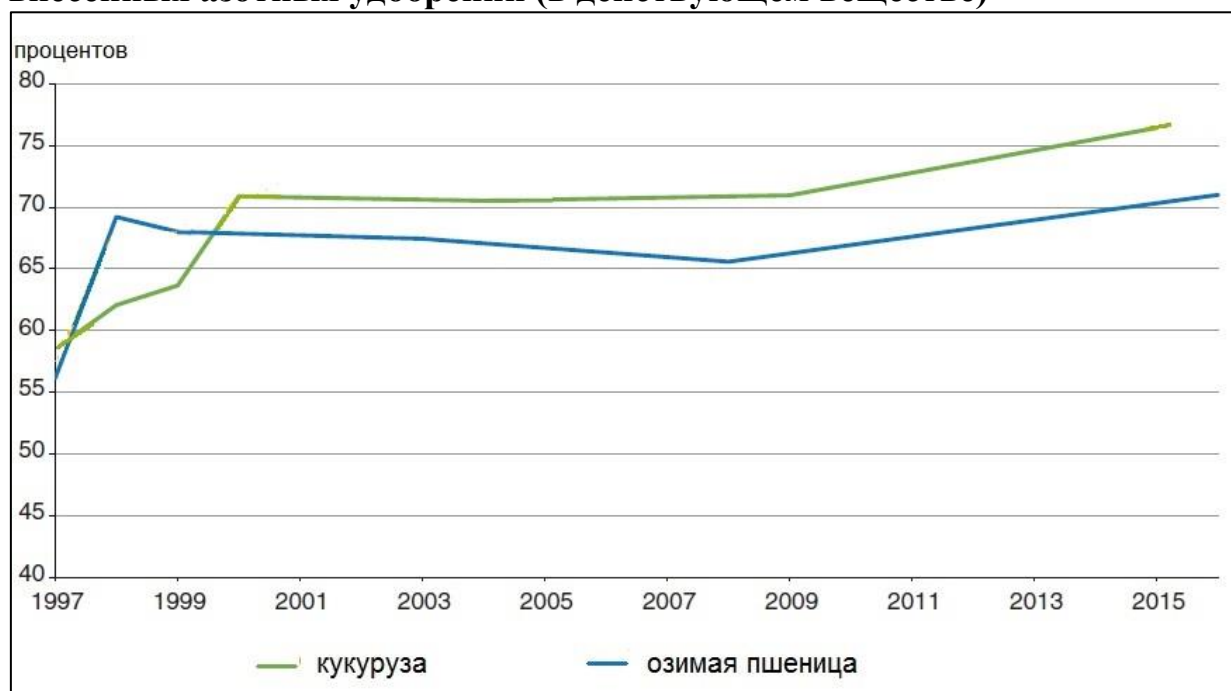
В связи с распространением технологии точного земледелия в сельском хозяйстве США, с конца 1990-х годов начались исследования, имеющие цель определить эффективность её внедрения. Приведем результаты одного из таких исследований.

⁵ Более подробно, см. Ермаков С.А. Высокотехнологичное земледелие: масштабы его использования фермерами США // США & Канада: экономика, политика, культура. 2016. № 11. С. 84–97.

⁶ Huang W., J. Beckman. «Nutrient Management». Agricultural Resources and Environmental Indicators, 2012, EIB-98, USDA/ERS

Анализ проводился по четырем сельхозкультурам, при производстве которых используется около 60% применяемых в США удобрений - кукуруза, озимая пшеница, хлопок и соевые бобы. Результаты показали, что для кукурузы эффективность использования азотных удобрений (индекс извлечения питательных веществ, вносимых с удобрениями) возросла с 58% в 1997 г. до 76% в 2015 г.; для озимой пшеницы - с 56% в 1997 г. до 71% в 2016 г.; хлопка - с 58% в 1997 г. до 68% в 2014 г.; а для соевых бобов - с 43% до 46% в период с 2005 по 2011 годы.⁷ Данные по кукурузе и озимой пшенице в графическом виде представлены на диаграмме 8.

Диаграмма 8. Изменение уровня усвояемости (recovery rates) азотных удобрений для кукурузы и озимой пшеницы, 1997-2015, в процентах от внесенных азотных удобрений (в действующем веществе)



Источник: Daniel Hellerstein, Dennis Vilorio, and Marc Ribaud (editors). Agricultural Resources and Environmental Indicators, 2019. EIB-208, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, May 2019, p.45

⁷ Daniel Hellerstein, Dennis Vilorio, and Marc Ribaud (editors). Agricultural Resources and Environmental Indicators, 2019. EIB-208, USDA/ERS, May 2019. p.45

Таким образом, очевидно, что технология точного земледелия стала весомым фактором, определяющим динамику использования минеральных удобрений в нынешнем веке. Несмотря на дороговизну необходимого оборудования, её использование на фермах США растет.

Экономические стимулы роста эффективности использования минеральных удобрений

В заключении анализа, и с целью определения перспектив использования минеральных удобрений ответим на важный вопрос об экономических стимулах расширения использования технологий «точного земледелия».

Прежде всего, оценим удельный вес затрат на применяемые минеральные удобрения в стоимости сельскохозяйственной продукции в целом, а также по кукурузе – как основной культуре, под которую они вносятся. В таблице 5 приведена соответствующая подборка показателей за 25 лет (1996-2020 годы).

Таблица 5. Доля минеральных удобрений в затратах на производство и стоимости сельскохозяйственной продукции, 1996-2022 годы, процентов

Показатель	1996-00	2001-05	2006-10	2011-15	2016-20
Затраты на производство	5,6%	5,3%	7,0%	7,7%	6,6%
Стоимость произведенной продукции					
всего	4,7%	4,4%	5,8%	6,1%	5,6%
продукции растениеводства	10,2%	10,0%	12,1%	13,2%	12,3%
кукурузы	21,9%	20,7%	16,4%	18,7%	18,5%
Индекс цен (1990-92=100)					
удобрения	115	132	262	315	237
кукуруза	96	96	179	222	164

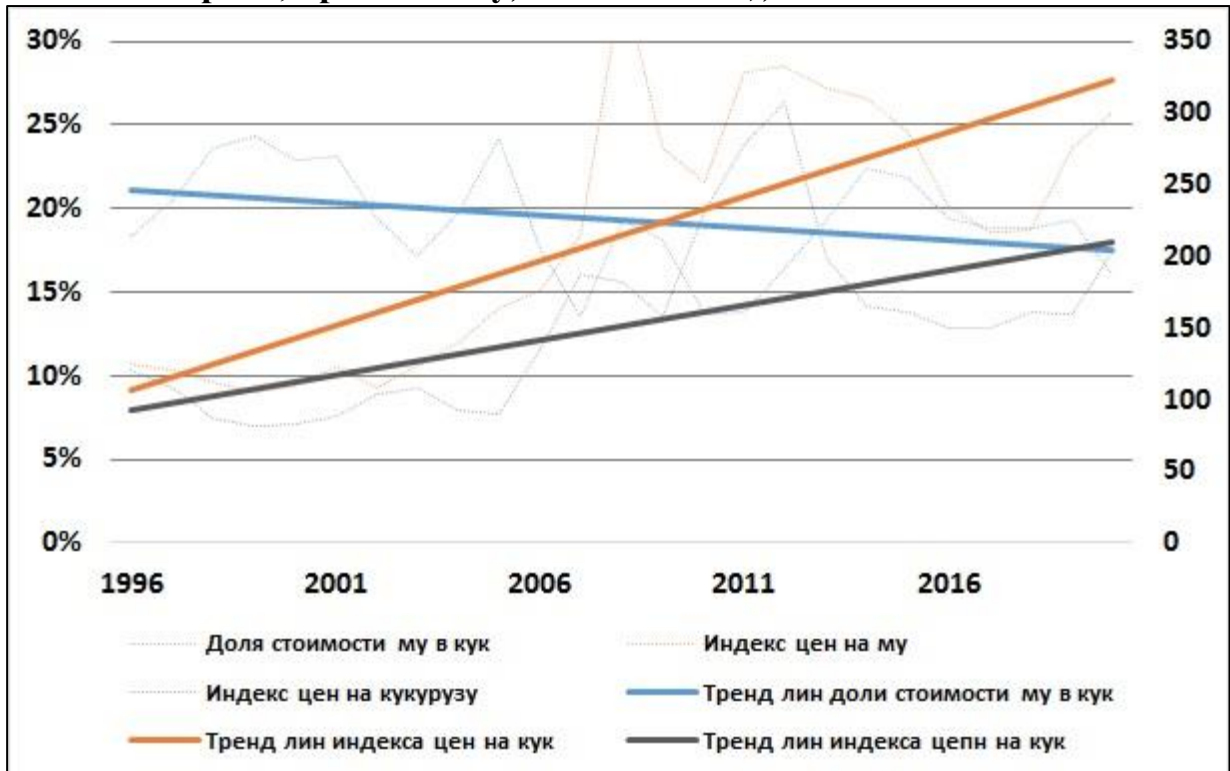
Составлено по: Agricultural Statistics, NASS/USDA, different years

Если выделить долю удобрений в структуре затрат на производство (total production expenses) или стоимости произведенной продукции (value of production) продукции сельского хозяйства США, она может показаться не столь значительной – 5,3-7,7% и 4,4-6,1% соответственно за анализируемый период. Однако ситуация заметно меняется, если учесть, что удобрения

применяются в основном в растениеводстве, доля которого в стоимости произведенной продукции сельского хозяйства составляла 47-58%. С учетом этого обстоятельства доля затрат на удобрения составляла в этом показателе за 10-13,2%. Если же принять во внимание структуру использования минеральных удобрений в разрезе отдельных видов продукции растениеводства, то мотивация к внедрению дорогостоящих систем точного земледелия, становится более, чем очевидной. Так, по статистике около 40-44% минеральных удобрений использовалось под кукурузу. Несложный расчет показывает, что в стоимости произведенной кукурузы затраты на удобрения составляли весомые 16,4-21,9%, что несомненно является веским доводом для внедрения технологий, обеспечивающих рост эффективности их использования.

Данные таблицы 5 позволяют определить ещё одну интересную закономерность. Так, несмотря на в целом опережающий рост цен на минеральные удобрения в сравнении с ценой на зерно кукурузы (показатель «индекс цен»), доля затрат на удобрение в стоимости произведенной кукурузы последние четверть века имела тенденцию к снижению. Более наглядно описанная закономерность видна на диаграмме 9.

Диаграмма 9. Доля стоимости минеральных удобрений в стоимости произведенной кукурузы (фактические данные и линейные тренд, левая ось у), индексы цен на удобрения и кукурузу ((фактические данные и линейные тренд, правая ось у, 1990-92 = 100), 1996-2020 годы

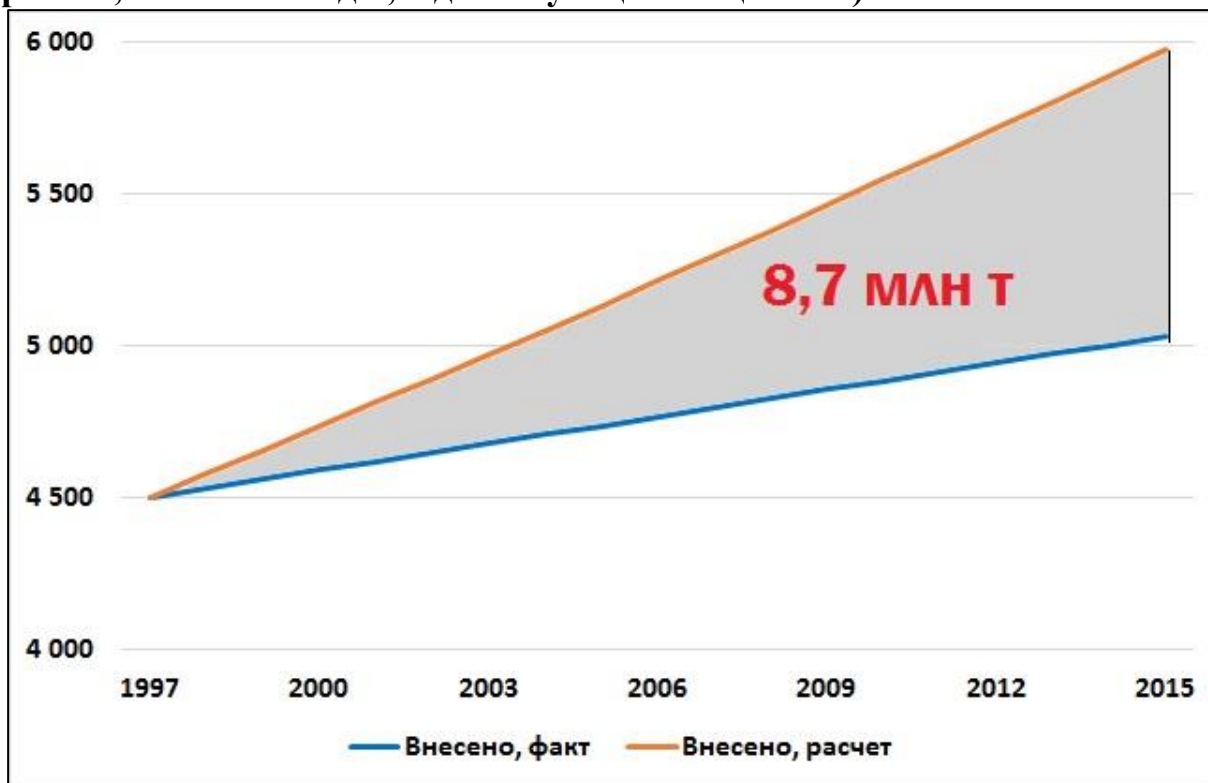


Составлено по: Agricultural Statistics, NASS/USDA, different years

Последним «штрихом» анализа проведем расчет уровня экономии минеральных удобрений, наличие которой выявлено выше. Сделаем это на примере азотных удобрений, применяемых в качестве подкормки посевов кукурузы.

Для этого данные по фактически использованным удобрениям в виде линейного тренда (диаграмма 6) «совмещаем» с расчетными данными. Последние получаем на основе данных исследований роста эффективности использования удобрений (диаграмма 8) также представленными в виде линейного тренда. В качестве периода для анализа взят промежуток между 1997 и 2015 годами – период, соответствующий результатам исследований, представленных на диаграмме 8. Результаты сравнительного расчета представлены на диаграмме 10.

Диаграмма 10. Экономия азотных удобрений при производстве кукурузы, расчет, 1997-2015 годы, в действующем веществе*)



*) при расчете приняты следующие допущения: (1) изменение уровня усвояемости в течение 1997-2015 годов принято в виде линейного тренда/кривой – с уровня 64 до 76%; (2) динамика применения азотных удобрений в производстве кукурузы рассчитывается: (а) из предположения постоянной доли в 42% этой культуры в общем использовании азотных удобрений; (б) изменения применения азотных удобрений под кукурузу в виде линейного тренда/кривой.

Расчет сделан с рядом допущений, приведенных в комментарии к диаграмме. Такой подход, на наш взгляд, приемлем в контексте решаемой задачи – определения наличия либо отсутствия, а также (в первом случае) примерного размера (порядка) экономии минеральных удобрений.

Расчеты показывают, что за анализируемый период (18 лет), экономия азотных удобрений могла составить около 8,7 млн тонн удобрений (в действующем веществе), что оценивается почти в 10% от объема удобрений, использованных фактически. Рассчитанная таким образом экономия несомненно является существенной, и может свидетельствовать о зарождении нового долгосрочного тренда в росте эффективности

использования минеральных удобрений и, на этой основе, возможного сокращения их использования в физическом весе.

Выводы

Проведенное в работе исследование позволяет сделать следующие выводы.

1. Применение минеральных удобрений в настоящее время является важнейшим фактором роста урожайности сельскохозяйственных культур. Учитывая непрерывный рост потребности в продовольствии, объемы использования удобрений в мире растут. США входят в четверку крупнейших мировых потребителей минеральных удобрений. В то же время, практически нулевые темпы прироста их использования в нынешнем веке значительно отличают их от остальных стран-лидеров.

2. Эффективность использования минеральных удобрений в США, выраженная как соотношение прироста урожайности к приросту использования удобрений наивысшая среди стран-лидеров потребителей удобрений. Что косвенно может быть отражением более высокого уровня агротехнологий в растениеводстве.

3. Динамика применения минеральных удобрений в США условно подразделяется на два периода, в том числе их непрерывный и динамичный рост (до начала 1980-х годов), затем – замедление и стабилизация. Последнее обусловлено рядом факторов, среди которых в нынешнем столетии наибольшее значение имеет фактор внедрения технологий точного земледелия.

4. Некоторый рост применения минеральных удобрений в США в нынешнем столетии имел место в основном за счет роста использования азотных удобрений, тогда, как объемы фосфорных и калийных удобрений были стабильны или даже снижались. Основная часть минеральных удобрений в США вносится под две культуры – кукурузу и пшеницу – до 60% общего объема, в том числе до 45% - под кукурузу.

5. В связи с применением технологии точного земледелия эффективность применения минеральных удобрений (измеряемая показателем уровень усвояемости) непрерывно росла. Примерный расчет, проведенный по кукурузе показал, что только в течение 18 лет (1997-2015 годы) за счет этого была получена экономия около 8,7 млн тонн только азотных удобрений (в действующем веществе).

6. Стимулом дальнейшего расширения внедрения технологий точного земледелия в производстве ряда культур, прежде всего, тех, под которые вносится основная часть удобрений, является высокая доля затрат на них в стоимости произведенной продукции. Так, для кукурузы этот показатель достигает 20 и более процентов.

По результатам проведенного исследования можно утверждать, что эффективность использования минеральных удобрений в США растет, что, при стабильности обрабатываемых площадей, дает основания для вывода о том, что тенденция на стабилизацию, а, возможно, даже снижение потребления в этой стране минеральных удобрений, в будущем продолжится.

Также есть все основания полагать, что совершенствование агротехнологий (в частности, внедрение систем точного земледелия) в других странах, прежде всего мировых лидерах применения минеральных удобрений, приведет к замедлению роста их использования. Более того, как показывает опыт США, при стабильных площадях сельскохозяйственных угодий возможна стабилизация, а в будущем и сокращение объемов потребления минеральных подкормок.

Литература

1. Ермаков С.А. Высокотехнологичное земледелие: масштабы его использования фермерами США // США & Канада: экономика, политика, культура. 2016. №11. с.84–97
2. Food and Agriculture Organization. 2022. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Rome

3. Roberto Mosheim. Nutrient Management. In «Agricultural Resources and Environmental Indicators – 2019». EIB-208, USDA/ERS, 2019
4. David Schimmelpfennig. Precision Agriculture. In «Agricultural Resources and Environmental Indicators – 2019». EIB-208, USDA/ERS, 2019
5. Tara Wade, Roger Claassen, and Steven Wallander. Conservation-Practice Adoption Rates Vary Widely by Crop and Region. ERS/USDA, EIB-147, 2015
6. Huang W., J. Beckman. Nutrient Management. In «Agricultural Resources and Environmental Indicators – 2012», EIB-98, USDA/ERS, 2012

References

1. Ermakov S.A. Vy`sokotekhnologichnoe zemledelie: masshtaby` ego ispol`zovaniya fermerami SShA // SShA & Kanada: e`konomika, politika, kul`tura. 2016. №11. с.84–97
2. Food and Agriculture Organization. 2022. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Rome
3. Roberto Mosheim. Nutrient Management. In «Agricultural Resources and Environmental Indicators – 2019». EIB-208, USDA/ERS, 2019
4. David Schimmelpfennig. Precision Agriculture. In «Agricultural Resources and Environmental Indicators – 2019». EIB-208, USDA/ERS, 2019
5. Tara Wade, Roger Claassen, and Steven Wallander. Conservation-Practice Adoption Rates Vary Widely by Crop and Region. ERS/USDA, EIB-147, 2015
6. Huang W., J. Beckman. Nutrient Management. In «Agricultural Resources and Environmental Indicators – 2012», EIB-98, USDA/ERS, 2012

© Овчинников О.Г. 2023. *International agricultural journal*, 2023, № 6, 2531-2554

Для цитирования: Овчинников О.Г. Использование минеральных удобрений в сельском хозяйстве США: тенденции, факторы, перспективы // *International Agricultural Journal*. 2023. № 6, 2531-2554