

А. С. СТРОКОВ*, И. Ю. САВИН**

*Российская академия народного хозяйства и государственной службы,
119571, Москва, пр. Вернадского, 82, стр. 1, Россия, strokov-as@ranepa.ru

**Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН,
109017, Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, Россия, savigory@gmail.com

ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ДЕГРАДАЦИЮ ПОЧВ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Проведено исследование по экономической оценке последствий деградации почв Ставропольского края. Рассмотрены такие аспекты деградации, как расширение площадей эродированных сельскохозяйственных земель и уменьшение баланса питательных элементов в почве в результате недостаточного внесения минеральных и органических удобрений. Представлены две оригинальные экономико-математические модели, первая из которых построена на основании районных данных Ставропольского края в 1995 г. и рассчитана с помощью корреляционно-регрессионного анализа. С ее помощью определены важные факторы, влияющие на расширение площадей эродированных земель: рост посевных площадей, увеличение площадей чистых паров, низкие затраты на возделывание почвы, увеличение рентабельности в растениеводстве. Путем применения второй модели, динамической, устанавливался баланс полезных элементов в почве в среднем на 1 га посевной площади за 1995–2014 гг. Расчет показал, что, несмотря на увеличение объемов внесения минеральных удобрений на единицу посевной площади, этого недостаточно для сохранения и поддержки баланса питательных элементов в почве. Определено, что баланс плодородия земель не восстанавливается: объем выноса полезных элементов из почвы за счет роста урожайности компенсируется внесением удобрений недостаточно.

Ключевые слова: плодородие, эрозия, агроэкономика, эконометрический анализ, факторы развития, растениеводство.

A. S. STROKOV* AND I. Yu. SAVIN**

*Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
pr. Vernadskogo, 82, bld. 1, 119571, Russia, strokov-as@ranepa.ru

**V. V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Pyzhevskii per., d. 7, str. 2, Moscow, 109017, Russia, savigory@g.ail.com

THE INFLUENCE OF AGRICULTURE ON SOIL DEGRADATION IN STAVROPOL KRAI

We made an investigation related to economic assessment of the consequences of the soil degradation in Stavropol' krai. We examined some aspects of the degradation, such as the expansion of the areas of eroded agricultural lands, and the decrease in the balance of nutrient elements in the soil due to the insufficient application of mineral and organic fertilizers. Two original economic-mathematical models are presented, the first of which was constructed on the basis of data for the districts of Stavropol' krai from 1995 and calculated by correlation-regression analysis. It was used in determining Important factors that have influence on the expansion of the areas of eroded lands: an increase in sown areas and in areas of dead fallows, low expenditures connected with soil cultivation, and an increase in profitability in crop production. The second (dynamical) model was used to determine the balance of useful elements in the soil per hectare of sown area, on the average, for 1995–2014. A calculation showed that in spite of the increase in the volumes of mineral fertilizers applied per unit of sown area, this is insufficient for the preservation and maintenance of the balance of nutrient elements in the soil. It is determined that the fertility balance of lands does not recover: the volume of useful elements removed from the soil due to an increase in crop yield is inadequately compensated by fertilizer application.

Keywords: fertility, erosion, agro-economy, econometric analysis, development factors, crop production.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация сельскохозяйственного производства — актуальная тема современной экономики, поскольку этот процесс способствует росту производства продукции, экономической эффективности, но при этом порой приводит к непоправимым последствиям и наносит урон окружающей среде. Сельскохозяйственная деятельность оказывает нагрузку на почву — выводит питательные

элементы (гумус, фосфор, калий, азот), нарушает структуру и свойства почв, что влечет за собой их деградацию. В частности, подсчитано, что за период 1970–1990 гг. эрозия почв США на 20 % сократила потенциальную урожайность сельскохозяйственных культур [1]. Расширение пахотных земель ведет к потерям экосистемных услуг и большим косвенным издержкам [2]. Интенсификация сельского хозяйства влияет на глобальные экосистемы путем истощения ресурсов пресной воды [3] и через выбросы азота и углекислого газа [4, 5]. Перевод значительных территорий под пашню разрушил не один природный ареал и угрожает биоразнообразию нашей планеты [6].

Оценка влияния экономических факторов на состояние почв — одно из главных направлений современной науки. Так, с помощью методов экономико-математического моделирования было рассмотрено воздействие различных факторов на деградацию земель [7]. Для этого был проведен анализ взаимосвязи между показателями деградации земель и экономическими показателями, где в качестве первого брали индекс NDVI, являющийся индикатором количества надземной фитомассы и часто используемый для оценки урожайности сельскохозяйственных культур [8, 9]. Наиболее статистически значимые факторы: объем валового внутреннего продукта, количество осадков, интенсификация сельскохозяйственного производства, густота населения. Кроме того, в данной работе определено: в зависимости от стран или регионов взаимосвязь между деградацией земель (да и в целом окружающей среды) и биофизическими и экономическими показателями может быть как прямой, так и обратной, что обусловлено особенностями развития объекта исследования на длительном промежутке времени. Так, интенсификация сельскохозяйственного производства, в частности увеличение количества внесения минеральных удобрений на единицу пахотной площади, в странах Латинской Америки способствовала росту индекса NDVI, что индицирует, по сути, повышение плодородия земель, повлекшее за собой рост урожайности сельскохозяйственных культур [7]. А в Северной Америке, наоборот, интенсификация привела к загрязнению окружающей среды и ухудшению плодородия почв [7].

В других исследованиях, по странам Центральной Америки, показано, что диверсификация производства и расширение практик устойчивого земледелия способствуют не только повышению плодородия почв, но и росту доходов фермеров [10]. Также определено: чем больше земли у фермера, тем более вероятно, что он будет использовать указанные методы.

Эрозия почв может оказывать влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Группа ученых [11] выявила следующие закономерности: в среднем увеличение эродированности почв на 1 % ведет к снижению урожайности пшеницы в странах Латинской Америки на 0,2 %, в Северной Америке — на 0,01, в Азии — на 0,02 и в Австралии — на 0,04 %, но почти никак не воздействует на данный показатель в Европе. В работе [8] на примере ключевых участков в России описано, что деградация земель (в частности, эрозия) может как влиять на их урожайность, так и не влиять: здесь играют роль такие факторы, как климатические условия конкретного сезона, тип и сорта возделываемых культур, уровень интенсификации при их возделывании.

По другим данным [12], в зоне рискованного земледелия эрозия почв оказывает сильное воздействие на урожайность зерновых культур: она падает на 10–20 %. А низкая урожайность в конечном счете влечет рост себестоимости зерна на 30 % и способна более чем в два раза снизить рентабельность [13].

Деградация почв, будучи сложным и многогранным явлением, может происходить как во времена экономического роста, так и в периоды упадка. В каждом из случаев есть своя специфика, которая нуждается в выявлении и обосновании. В данном исследовании под деградацией подразумевается расширение площади эродированных сельскохозяйственных земель и уменьшение эффективного плодородия возделываемых почв.

После экономического упадка 1990-х гг. сельское хозяйство России стало наращивать темпы роста производства за счет интенсификации: сокращения посевных площадей, роста урожайности, увеличения внесения минеральных удобрений и химикатов на единицу площади. Типичный пример реализации такой модели — Ставропольский край, находящийся на юге России и обладающий благоприятными природно-климатическими условиями, что способствует его динамичному развитию. Вместе с тем это развитие сопровождается нарушениями баланса плодородия почв и деградацией земель, которая, в свою очередь, влияет на урожайность и долгосрочную эффективность сельскохозяйственного производства. По некоторым оценкам [14, 15], экономические потери от эродированности сельскохозяйственных земель в Ставропольском крае достигают 2–5 млрд руб., что составляет около 6 % от стоимости произведенной продукции растениеводства в регионе.

В настоящей работе представлен анализ развития сельского хозяйства Ставропольского края за период 1995–2014 гг. с учетом последствий для почвенного покрова. Основная цель статьи — показать взаимосвязь между индикаторами деградации земель и экономико-сельскохозяйственными показате-

лями и рассчитать баланс полезных элементов в почве на основании данных о количестве используемых удобрений и выноса гумуса, азота (N), фосфора (P), калия (K) из почвы.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ставропольский край — важный сельскохозяйственный регион, где производится 8 % зерна, 4 — подсолнечника, 5 — сахарной свеклы, 1 — плодов и ягод, 3 — мяса и 2 % молока России (по данным Росстата за 2014 г. [16]). Способствуют этому благоприятные природно-климатические условия, в которых находится регион: 61 % территории Ставропольского края имеет повышенный биоклиматический потенциал на уровне 2,21–2,8, а еще 23 % площади — высокий на уровне 2,81–3,4 [17].

В Ставропольском крае значительную часть продукции (59 %) производят сельскохозяйственные организации (СХО), т. е. производство является крупнотоварным, с использованием современных технологий. Регион — один из самых продуктивных в России по урожайности сельскохозяйственных культур. Несмотря на высокие показатели производства сегодня, в 1990-е гг. наблюдался спад (рис. 1). В результате рыночных реформ сельхозпроизводители недополучали субсидии, а диспаритет цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию вынуждал СХО сокращать посевные площади, закупать меньше техники и минеральных удобрений, вырезать скот. С началом 2000-х гг. отрицательный тренд сменился положительным, поскольку после ослабления рубля в 1998–1999 гг. стало выгодно развивать внутреннее производство, в том числе и на экспорт, и сельское хозяйство Ставропольского края обрело второе дыхание. Тем не менее в регионе остаются актуальными проблемы неэффективного и ресурсозатратного земледелия, на которых мы бы хотели остановиться.

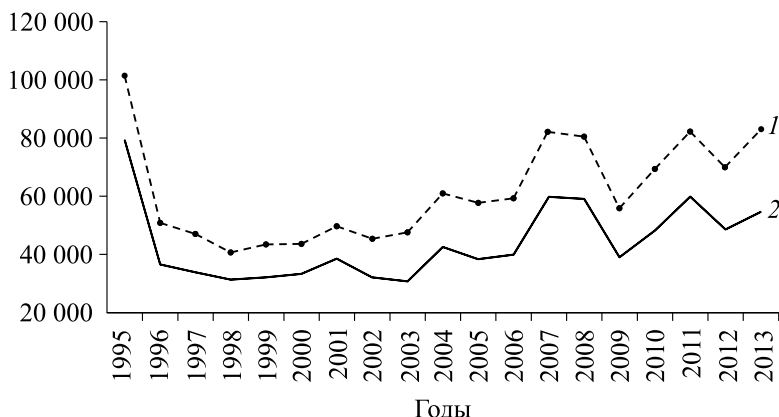


Рис. 1. Производство продукции растениеводства в Ставропольском крае (млн руб. в сопоставимых ценах 2013 г.) (по [16]).

1 — все категории хозяйств; 2 — сельскохозяйственные организации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Попробуем формализовать и оценить влияние экономических показателей на деградацию почв. Ниже представлены результаты пространственных регрессий.

Все вариации модели — линейно-логарифмические по типу:

$$\ln(y) = \text{const} + a \times \ln(x_1) + b \times \ln(x_2) \dots + n \times \ln(x_n), \quad (1)$$

где y — зависимая переменная, показывающая площадь деградированных сельскохозяйственных земель; x — факторы, влияющие на деградацию почв и земель; a, b, \dots, n — оцениваемые параметры уравнения (эластичности); const — свободный член уравнения (константа).

В качестве зависимой переменной здесь выступает показатель размера деградированных сельскохозяйственных земель (га) в административных районах края. Показатель рассчитывался путем умножения площади сельскохозяйственных угодий в соответствующих районах Ставропольского края на долю деградированных угодий, информация о которых была получена из ГИС «Деградация почв России» [18]. В модели использовались данные только по пашне, т. е. без естественных кормовых угодий и пастбищ. Экономические показатели приведены за 1995 г. по крупным и средним сельскохозяйственным организациям края [16].

Ввиду небольшого количества наблюдений (28) мы представим пять различных уравнений, показывающих разные аспекты взаимосвязи деградации почв и экономических показателей. Математически уравнения идентичны и рассчитаны по модели 1, но отличаются факторами.

Согласно анализу пространственных регрессий (табл. 1), все пять представленных уравнений имеют высокие коэффициенты корреляции и детерминации, значит, выбранные факторы достаточно полно описывают изменчивость зависимой переменной. Однако отметим, что только во 2-м и 5-м уравнениях коэффициент Дарбина–Уотсона близок к значению 2, что подразумевает отсутствие автокорреляции между выбранными факторами. В других трех уравнениях имеется небольшая положительная автокорреляция, т. е. факторы взаимозависимы. Это обусловлено сравнительно небольшим количеством наблюдений, а также природой выбранных показателей.

Большинство факторов в модели статистически значимы. Отрицательные коэффициенты эластичности перед показателем затрат в производстве продукции растениеводства в 1-м, 3-м и 5-м уравнениях свидетельствуют о том, что в тех районах, где меньше расходовалось средств на возделывание культур, росла площадь залежных и/или заброшенных земель. Это может означать, что инвестировали только в земли с хорошим плодородием почв, а земли с низким плодородием и/или сильно эродированные забрасывались. Кроме того, во 2-м уравнении чистые пары имеют положительный знак, что также подтверждает вывод о том, что в Ставропольском крае на незасеянных землях часто происходит ветровая эрозия, а следовательно, растет площадь деградированных земель.

В тех районах, где посевная площадь увеличивалась, размер деградированных земель также рос, что видно по уравнению 1. Это может быть обусловлено недостаточным внесением удобрений, соответственно, на этих посевах увеличивался вынос питательных элементов из почв. Рост рентабельности (во 2-м уравнении) способствовал расширению деградированных земель. Возможно, это связано с тем, что в СХО стал больше выращиваться подсолнечник, который сильно истощает почву, но является очень рентабельной культурой. Это видно и по уравнению 5. Теперь проанализируем, как развивалось сельское хозяйство Ставропольского края после 1995 г. до 2014 г. и что при этом происходило с почвами региона. На рис. 1 представлена динамика производства продукции растениеводства в регионе. После резкого снижения в 1990-х гг. наступил период роста, которому способствовало

Таблица 1

Результаты регрессий по пространственной модели Ставропольского края 1995 г.

Номер уравнения	Переменные	Коэффициенты корреляции (R), детерминации (R2), Дарбина–Уотсона (DW)	Коэффициент эластичности уравнения (бета)	t-статистика	Значимость коэффициентов t-статистики
1	Константа	R = 0,968	9,539	4,000	***
	Затраты в растениеводстве на единицу посевной площади	R2 = 0,937 DW = 2,446	-0,839	-3,597	***
	Посевная площадь		0,615	6,455	***
2	Константа	R = 0,927	-2,455	-0,932	—
	Рентабельность от растениеводства	R2 = 0,859 DW = 1,839	1,103	1,954	**
	Площадь чистых паров		0,857	9,812	***
3	Константа	R = 0,918	19,874	26,390	***
	Затраты на удобрения на единицу посевной площади	R2 = 0,842 DW = 2,318	-0,294	-2,494	**
	Количество работающих на единицу посевной площади		-1,727	-10,358	***
4	Константа	R = 0,978	5,605	4,497	***
	Затраты на выращивание зерновых на единицу посевной площади зерновых	R2 = 0,956 DW = 2,689	-0,045	-0,163	—
	Посевная площадь зерновых		0,916	22,299	***
5	Константа	R = 0,959	10,421	6,700	***
	Урожайность подсолнечника	R2 = 0,920 DW = 1, 941	-0,956	-3,346	***
	Затраты на выращивание подсолнечника на единицу посевной площади подсолнечника		-0,766	-2,511	**
	Посевная площадь подсолнечника		0,851	12,789	***

Примечание. Значимость коэффициентов t-статистики: *** — при 1%-м уровне, ** — при 5%-м. Прочерк — коэффициент статистически незначим, не влияет на зависимую переменную.

обесценивание рубля и увеличение инвестиций в сельское хозяйство. В настоящее время 70 % продукции растениеводства производится крупными и средними сельскохозяйственными организациями. Поэтому мы подробно остановимся на этой категории хозяйств и посмотрим на динамику интересующих нас показателей.

За период 1995–2013 гг. площадь посевных площадей в СХО сократилась на 18 %, до 2,4 млн га. В динамике посевных площадей Ставропольского края можно выделить два временных тренда: понижительный (1995–2005 гг.) и повышательный (2006–2013 гг.). Динамика чистых паров здесь была разнонаправленной: небольшой рост до 1998 г. — до 673 тыс. га, затем снижение до 2007 г. — до 263 тыс. га, и последующее увеличение — в последние годы показатель колеблется на уровне 600 тыс. га. Расширение чистых паров в период 2008–2013 гг. — признак смены севооборотов.

Тем не менее проблемы с деградацией земель существуют и оказывают экономическое влияние. По данным [19], только с 1997 по 2009 г. площадь дефлированных почв в крае увеличилась на 123,9 тыс. га (19,7 %), эродированных — на 11,6 (1,3), совместно разрушенных ветровой и водной эрозией — на 13,6 (9,9), переувлажненных — на 55,6 тыс. га (15,4 %). Около 4 тыс. га пашни и 25,4 тыс. га естественных угодий оказались подвержены водной и ветровой эрозии в средней и сильной степени [20]. Реальный ежегодный ущерб от деградации земельного фонда Ставрополья достигает 5 млрд руб. [14]. К сожалению, в данном источнике не описана подробно методика расчета ущерба.

В Ставропольском крае с 1997 по 2010 г. площадь земель, подверженных водной эрозии, выросла на 11,6 тыс. га (1,3 %) и составила в 2010 г. 913,9 тыс. га. Площадь пашни в крае, отнесенная к эрозионно опасной, занимает 1,8 млн га (47 % от общей площади пахотных угодий края) [21]. В наибольшей степени водной эрозии подвержены Правокумско-Терский степной агроландшафт, Прикалаусско-Саблинский, Прикаспийско-Буйволинский, Воровсколесско-Кубанский, Подкумско-Золкинский и Кубано-Малкинский лесостепные агроландшафты.

Согласно данным [15], более 92 % пахотных земель Ставропольского края характеризуются низким и очень низким содержанием органического вещества. Исследования динамики плодородия почв за последние 20 лет свидетельствуют, что в среднем в регионе площади с низким содержанием гумуса ежегодно увеличиваются на 1 %, фосфора — на 5, калия — на 3 %. Баланс питательных элементов в земледелии отрицательный. Отчуждение из почвы в последние годы превышало внесение по фосфору — 15–20 кг/га, калию — 30–40 кг/га, дефицит гумуса составлял от 400 до 700 кг на 1 га посевных площадей. Ежегодно от действия водной и ветровой эрозии в крае с 1 га пашни теряется от 7 до 18 т верхнего самого плодородного слоя почвы. Ущерб, нанесенный эрозионными процессами, только за 2006–2009 гг. составил 2,2 млрд рублей [15]. Методика расчета экономических потерь в источнике не описана.

Отсутствие сбалансированности между растениеводством и животноводством — одна из причин деградации земель. Резкое сокращение площадей не востребуемых однолетних и многолетних трав, рапса и других ценных культур, служащих хорошими предшественниками озимой пшеницы, чрезмерное расширение чистых паров дестабилизируют зерновую отрасль и резко ухудшают общую экологическую обстановку, способствуя интенсивному развитию различных видов деградации почв [22].

На рис. 2 видно, что за период 1996–2014 гг. изменилась структура посевных площадей и зерновые и зернобобовые культуры стали занимать около 80 % всей посевной площади. Посевы подсолнечника колеблются около отметки в 10 %, а корнеплоды и овощебахчевые культуры не превышают 2 % от посевов.

Применение минеральных удобрений на 1 га посевов в СХО Ставропольского края выросло в несколько раз и

Рис. 2. Структура посевных площадей в сельскохозяйственных организациях Ставропольского края, % (по [16]).

Культуры: 1 — зерновые и зернобобовые, 2 — кормовые, 3 — подсолнечник, 4 — корнеплоды и овощебахчевые.

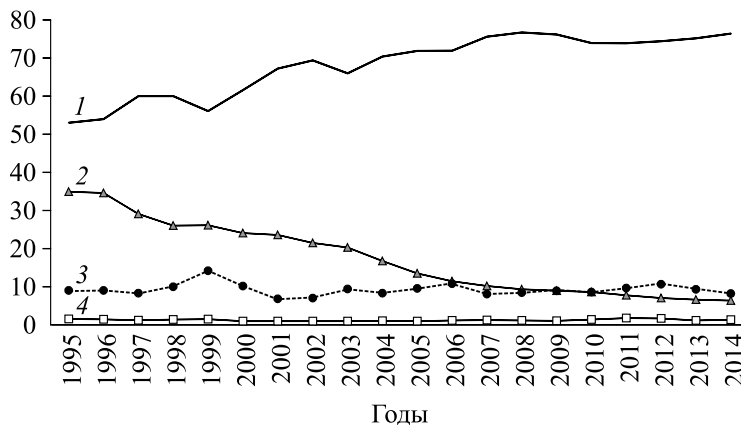


Таблица 2

Урожайность зерновых и зернобобовых культур в сельскохозяйственных организациях Ставропольского края (по уборочной площади), по [16]

Год	Урожайность, ц/га	Темпы роста урожайности (относительно предыдущего года)
1995	25	1
1996	23	0,92
1997	23,2	1,01
1998	22,2	0,96
1999	23,9	1,08
2000	23	0,96
2001	27,5	1,20
2002	31,9	1,16
2003	21	0,66
2004	33,1	1,58
2005	35,4	1,07
2006	32,3	0,91
2007	33,7	1,04
2008	38,4	1,14
2009	32,7	0,85
2010	33,8	1,03
2011	40	1,18
2012	24,9	0,62
2013	32,4	1,30
2014	40,2	1,24

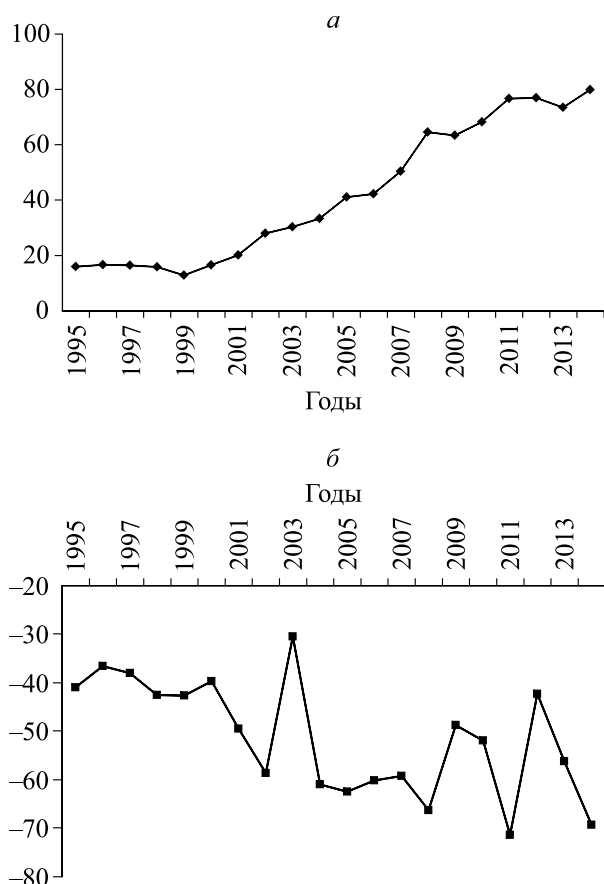


Рис. 3. Внесение минеральных удобрений и баланс питательных элементов в почвах сельскохозяйственных организаций Ставропольского края, кг/га.

a — динамика внесения минеральных удобрений; *b* — баланс полезных элементов в почве.

достигло показателя за период 1995–2014 гг. 80 кг на 1 га (рис. 3, *a*), что близко к научно обоснованной норме в 100 кг [23, 24]. Внесение органических удобрений в регионе также растет. В 2000-х гг. его объемы резко увеличились и превысили 3 т на 1 га посевов в год. Однако это по-прежнему ниже

нормы (около 10 т на 1 га), что говорит о том, что плодородие не восстанавливается, и поэтому данные агрохимических отчетов показывают снижение содержания гумуса в почве (ниже мы обозначим это с помощью показателя баланса плодородия).

Недостаточный уровень внесения минеральных удобрений связан с тем, что сельхозпроизводители не могут позволить себе приобретать достаточное их количество из-за высокой стоимости, а государство не субсидирует затраты и не проводит политику, при которой производители таких удобрений больше продавали бы своей продукции на внутреннем рынке, чем экспортировали.

Как отмечалось выше, наибольший удельный вес в посевных площадях занимают зерновые и зернобобовые культуры (см. рис. 2). Следовательно, на эти культуры приходится большая часть используемых удобрений, как органических, так и минеральных [16].

Согласно табл. 2, урожайность зерновых и зернобобовых культур в Ставропольском крае в период 1995–2014 гг. увеличилась и достигала пика в 40 ц/га в 2011 г. Однако урожайность подвержена большим колебаниям, что, скорее всего, связано с климатическими сдвигами, неэффективными технологиями и, возможно, деградацией земель. Если в указанные годы показатель вырос почти на треть — с 25 до 33 ц/га, то в 2005–2014 гг. — только на 13 %, что может быть связано с засушливостью климата и обратным влиянием деградации почв на урожайность.

В литературных источниках [23] указано, что для бездефицитного баланса гумуса и питательных веществ в почве необходимо ежегодно вносить на 1 га пашни от 7–8 до 10–12 т органических удобрений. Вместе с тем современное внесение их остается на уровне 3 т на 1 га, а это в лучшем случае всего лишь 30 % от нормы.

На исследуемом промежутке времени между ростом урожайности зерновых в Ставропольском крае и внесением минеральных удобрений присутствует тесная корреляция — 0,71, органических — 0,66. Таким образом, внесение удобрений оказывает положительный эффект на урожайность, но его объемы не восполняют в полной мере баланс полезных элементов в почве.

Для расчета баланса плодородия использовались показатели выноса основных элементов (N, P, K, гумуса) из почвы и внесения минеральных и органических удобрений.

Баланс эффективного плодородия рассчитывался по формуле

$$B = E_n - A_n, \quad (2)$$

где B — баланс эффективного почвенного плодородия, кг/га; E — вынос основных элементов из почвы на единицу посевов, кг/га; A — внесение органических и минеральных удобрений на единицу посевов, кг/га; n — от 1 до 5, так как рассчитывалось по пяти основным культурам (зерно, подсолнечник, картофель, овощи, сахарная свекла).

Если показатели внесения удобрений мы брали из данных Росстата по сельскохозяйственным организациям Ставропольского края за 1995–2014 гг. [16], то информация о выносе минеральных элементов заимствована из [15] (для подсолнечника — 218 кг с 10 ц продукции, зерновых — 38, сахарной свеклы — 18) и [25] (для картофеля — 13, овощей — 8 кг). Средние ежегодные потери гумуса оцениваются в 89 кг.

Несмотря на рост производства продукции растениеводства в регионе (см. рис. 1), баланс основных элементов в почве уменьшается (см. рис. 3, б), поскольку сельхозпредприятия возвращают недостаточно полезных веществ в почву. Вынос полезных веществ превышает объемы внесения, и эффективный баланс плодородия почв в Ставропольском крае отрицательный и продолжает уменьшаться (см. рис. 3, б). Год от года эта тенденция усиливается. Таким образом, внесение минеральных и органических удобрений по-прежнему отстает от научно обоснованных норм. Уменьшение баланса плодородия отрицательно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур [28, 29], что в конечном итоге может повлечь недополучение доходов сельхозпроизводителями.

ВЫВОДЫ

Сельское хозяйство Ставропольского края развивалось высокими темпами в последние 15 лет, что связано с интенсификацией производства продукции растениеводства. Исследование показало, что недостаточное возмещение вынесенных из почвы полезных элементов способствует деградации почв региона. Процесс обусловлен тем, что издержки в сельском хозяйстве высоки: вносится мало удобрений, а производители все больше истощают почву. Кроме того, расширение посевных площадей и площади чистых паров способствует выветриванию почвы и росту площадей эродированных земель, что создает дополнительные риски для выращивания растениеводческой продукции даже с учетом значительных объемов внесения минеральных удобрений.

Несмотря на рост производства продукции растениеводства, баланс эффективного почвенного плодородия уменьшается, поскольку сельхозпредприятия возвращают в почву недостаточно полезных веществ, а их вынос превышает объемы внесения. Баланс плодородия почв в крае отрицателен. Поэтому необходимо создание условий, при которых фермеры смогут приобретать достаточное количество удобрений для компенсации потерь почвами питательных элементов, иначе в ближайшем будущем деградация земель будет замедлять темпы роста урожайности, что отразится и на доходах фермеров, и на продовольственной безопасности страны.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (14–38–00023).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pimentel D., Harvey C., Resosudarmo P., Sinclair K., Kurz D., McNair M., Crist S., Shpritz L., Fitton L., Saffouri R., Blair R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits // Science. — 1995. — N 267. — P. 1117–1123.
2. Braun J. von, Gerber N., Mirzabaev A., Nkonya E. The Economics of land degradation // ZEF Working Paper Series 109. — Bonn: University of Bonn, 2013. — 30 p.
3. Postel S. L., Daily G. C., Ehrlich P. Human appropriation of renewable fresh water // Science. — 1996. — N 271. — P. 785–788.

4. **Matson P. A., Parton W. J., Power A. G., Swift M. J.** Agricultural intensification and ecosystem properties // *Science*. — 1997. — N 277. — P. 504–509.
5. **Tilman D., Fargione J., Wolff B., D'Antonio C., Dobson A., Howarth R., Schindler D., Schlesinger W. H., Simberloff D., Swackhamer D.** Forecasting agriculturally driven global environmental change // *Science*. — 2001. — N 292. — P. 281–284.
6. **Green R. E., Cornell S. J., Scharlemann J. P. W., Balmford A.** Farming and the fate of wild nature // *Science*. — 2005. — N 307. — P. 550–555.
7. **Nkonya E., Gerber N., Baumgartner P., Braun J. von, De Pinto A., Graw V., Kato E., Kloos J., Walter T.** The Economics of Land Degradation — Towards an Integrated Global Assessment. — Frankfurt am Main: Peter Lang, 2011. — 454 p.
8. **Савин И. Ю., Барталев С. А., Лупян Е. А., Толпин В. А., Хвостиков С. А.** Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных: возможности и перспективы // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. — 2010. — Т. 7, № 3. — С. 275–285.
9. **Rembold F., Atzberger C., Savin I., Rojas O.** Using low resolution satellite imagery for yield prediction and yield anomaly detection // *Remote Sensing*. — 2013. — Vol. 5, N 4. — P. 1704–1733.
10. **Bravo-Ureta B., Solis D., Cocchi H., Quiroga R.** The impact of soil conservation and output diversification on farm income in Central American hillside farming // *Agricultural Economics*. — 2006. — N 65. — P. 267–276.
11. **Biggelaar C. den, Lal R., Eswaran H., Vince Breneman V., Reich P.** Crop yield losses to soil erosion at regional and global scales: Evidence from plot-level and GIS data // *Land Quality, Agricultural Productivity, and Food Security: Biophysical Processes and Economic Choices at Local, Regional, and Global Levels*. — Cheltenham, Northampton, UK; MA, USA: Edward Elgar, 2003. — P. 262–279.
12. **Овчинникова Н. Г.** Разработка социо-эколого-экономического механизма совершенствования методов использования земельных ресурсов. — М.: Вузовская книга, 2011. — 250 с.
13. **Трунов И. А., Зубков А. В.** Водная эрозия черноземов на склонах малой крутизны // *Мелиорация и водное хозяйство*. — 2001. — № 6. — С. 16–19.
14. **Бондарева О. Г.** Динамика почв ландшафтов Ставропольского края. — Ставрополь: Изд-во Ставропол. ун-та, 2009. — 28 с.
15. **Сычѳв В. Г., Есаулко А. Н., Агеев В. В., Подколзин А. И., Сигада М. С.** Особенности применения систем удобрений под сельскохозяйственные культуры в Ставропольском крае // *Вестн. АПК Ставрополья*. — 2015. — № 2. — С. 53–67.
16. **Федеральная служба государственной статистики.** Раздел 1.16: Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. — www.fedstat.ru (дата обращения 17.08.2015).
17. **Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФАНО России** [Электронный ресурс]. — www.sniish.ru (дата обращения 17.08.2015).
18. **Столбовой В. С., Савин И. Ю., Шеремет Б. В., Сизов В. В., Овечкин С. В.** Геоинформационная система деградации почв России // *Почвоведение*. — 1999. — № 5. — С. 646–651.
19. **Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций.** Российская Федерация / Под общ. ред. С. К. Шойгу. — М: Дизайн. Информация. Картография, 2010. — 696 с.
20. **Глушко А. Я.** Деградация земельного фонда Ставропольского края в условиях интенсивного земледелия // *Земледелие*. — 2011. — № 8. — С. 5–7.
21. **Методическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения:** Материалы Всерос. науч. конф. — М.: Изд-во Почв. ин-та им. В. В. Докучаева РАСХН, 2010. — 554 с.
22. **Кулинцев В. В.** Основные направления развития земледелия в Северо-Кавказском федеральном округе // *Земледелие*. — 2011. — № 1. — С. 3–6.
23. **Романенко Г. О.** неотложных мерах по стабилизации и развитию агропромышленного производства // *АПК: экономика, управление*. — 1999. — № 5. — С. 10–15.
24. **Голубев А. В.** Экономическое регулирование состояния почвенного плодородия // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. — 2008. — № 10. — С. 10–12.
25. **Mozner Z., Tabi A., Csutora M.** Modifying the yield factor based on more efficient use of fertilizer — the environmental impacts of intensive and extensive agricultural practices // *Ecological Indicators*. — 2012. — N 16. — P. 58–66.
26. **Козенко З. Н., Панченко К. В.** Национальные особенности российской фермеризации или пятнадцать лет фермерского движения в России // *Бизнес. Образование. Право. Вестн. Волгогр. ин-та бизнеса*. — 2011. — № 2 (15). — С. 40–48.
27. **Практикум по агрохимии:** Учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / Под ред. В. Г. Минеева. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. — 689 с.
28. **Каштанов А. Н., Заславский М. Н.** Почвоохранное земледелие. — М.: Россельхозиздат, 1984. — 146 с.
29. **Безуглов В. Г., Гогмачадзе Г. Д., Синиговец М. Е.** Состояние с эрозией почв в России // *АгроЭкоИнфо*. — 2008. — № 1. — С. 3–20.

Поступила в редакцию 10 февраля 2017 г.