

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190
УДК 631.6.02

Научная статья / Research article

Снижение негативного влияния эрозии почв в Белгородской области внедрением адаптивно-ландшафтной системы земледелия

И.Е. Солдат*

Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук,
г. Белгород, Российская Федерация
*soldat.i@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты внедрения системы адаптивно-ландшафтного земледелия (АЛЗ) — комплекса мер по предотвращению эрозионной деградации почв, являющейся для земель Белгородской области и всего Центрально-Черноземного региона России (ЦЧР) особо опасным природным явлением. АЛЗ способствует созданию экологически устойчивых агроландшафтов путем расширения посевов многолетних трав (до 25 %), введения в севообороты зернобобовых культур и однолетних трав, что отчасти уменьшает негативные последствия сокращения применения минеральных и органических удобрений. Предложено для сохранения баланса гумуса реализовывать адаптированные к местным ландшафтам системы земледелия, которые предусматривают введение всего комплекса почвозащитных мероприятий, включая организационно-хозяйственные, агротехнические, луго-, лесомелиоративные и гидротехнические. Обосновано применение комплексного подхода как единственного способа остановить нарастание деградации земель, вызванных эрозией почв. Доказано, что именно внедрение и совершенствование системы АЛЗ обеспечило снижение интенсивности эрозионных процессов, стабилизацию продуктивных свойств гумуса, повышение эффективности земледелия в опытном хозяйстве Белгородского аграрного научного центра. Отмечено, что применение АЛЗ сопровождалось сокращением площади пашни, ростом площади лесополос и почвозащитных севооборотов, одновременным резким возрастанием средней по хозяйству урожайности зерновых культур и сахарной свеклы, значительным повышением эффективности применения органических и минеральных удобрений, резким улучшением их окупаемость, в результате чего отрасль растениеводства стала рентабельной. Автор считает, что внедрение АЛЗ способно также внести свой определенный вклад в продовольственную безопасность России.

Ключевые слова: эрозия почв, севооборот, чернозем, плодородие, гумус, мелиорация, лесозащита, удобрения, агроландшафт

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Финансирование. В статье использованы материалы НИР: Создать технологию возделывания сельскохозяйственных культур в условиях адаптивно-ландшафтной системы земледелия юго-западной части ЦЧЗ: тема № 0611–2014–0002 / Л.Г. Смирнова, И.И. Михайленко, И.Е. Солдат, М.И. Евдокименкова, А.А. Кувшинова, Д.С. Тычинин, Г.В. Смирнов; ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Белгород, 1994.

© Солдат И.Е., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

История статьи:

Поступила в редакцию: 27 января 2020 г. Принята к публикации: 15 апреля 2020 г.

Для цитирования:

Солдат И.Е. Снижение негативного влияния эрозии почв в Белгородской области внедрением адаптивно-ландшафтной системы земледелия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 182—190. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190

Reducing the negative impact of soil erosion in the Belgorod region through adaptive landscape farming system

Igor E. Soldat*

Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Belgorod, Russian Federation

*Corresponding author: soldat.i@mail.ru

Abstract. In the Russian Federation, solving problems of land use, land relations, and land policy leave the basis for social, environmental, economic, and overall political stability of the state. The area of the Belgorod region is 2713.4 thousand hectares, including arable land — 1654.4 thousand hectares (61 %), pastures — 347.6 thousand hectares (12.8 %), hayfield — 68.1 thousand hectares (2.5 %), forests and other lands — 316.5 thousand hectares (22.7 %). The area of eroded soils is 53.6 % of the entire territory of the region. They include: slightly washed out soils — about 35 %, moderate washed out soils — about 13 %, strongly washed out soils — 5.6 %, and flushed — about 1 %. According to Belgorod agrarian scientific center of the RAS area of eroded lands in the Belgorod region has increased in the Western natural-agricultural zone — by 5.1 %, in the Central — by 8.4 % and in the South-East — by 9.1 % over the last 30...40 years. Currently, the concept of adaptive landscape farming has been developed, which provides for comprehensive measures to prevent soil degradation and create environmentally sustainable agricultural landscapes. Adaptive landscape soil protection system of agriculture provides for expansion of perennial grasses up to 25 %, introduction of leguminous crops and annual grasses in crop rotations. With a reduction in the use of mineral and organic fertilizers in modern economic conditions, it is impossible to achieve a balance of humus acceptable for sustainable development of the studied agricultural landscape. System of agriculture adapted to local landscapes provides for introduction of the whole complex of soil conservation measures which can stop land degradation caused by soil erosion. Introduction of adaptive landscape system of agriculture in the pilot farm of the Belgorod agricultural research center allowed to minimize erosion processes, stabilize soil fertility, and significantly improve economic indicators and energy efficiency of agriculture in the economy. The area of arable land was slightly reduced, and the area of forest belts and soil protection crop rotations increased. The average yield of grain crops and sugar beets increased greatly, the use of organic and mineral fertilizers increased significantly, their payback improved, and the crop industry became profitable and cost-effective. Only through adaptive landscape agriculture it is possible to stop water erosion, create conditions for stabilizing and increasing soil fertility, ensure the biologization of agriculture and increase its economic efficiency. Ultimately, this will increase production of domestic agricultural products and increase Russia's food security.

Keywords: soil erosion, crop rotation, chernozem, soil fertility, humus, land reclamation, forest protection, fertilizers, adaptive landscape system of agriculture

Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

Financing. Acknowledgments

Materials of the following research project were used in the article: Developing of a technology for cultivating crops in adaptive-landscape farming system in the southwestern part of Central Black Earth region: No. 0611–2014–0002. L.G. Smirnova, I.I. Mikhailenko, I.E. Soldier, M.I. Evdokimenkova, A.A. Kuvshinova, D.S. Tychinin, G.V. Smirnov; Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Belgorod, 1994.

Article history:

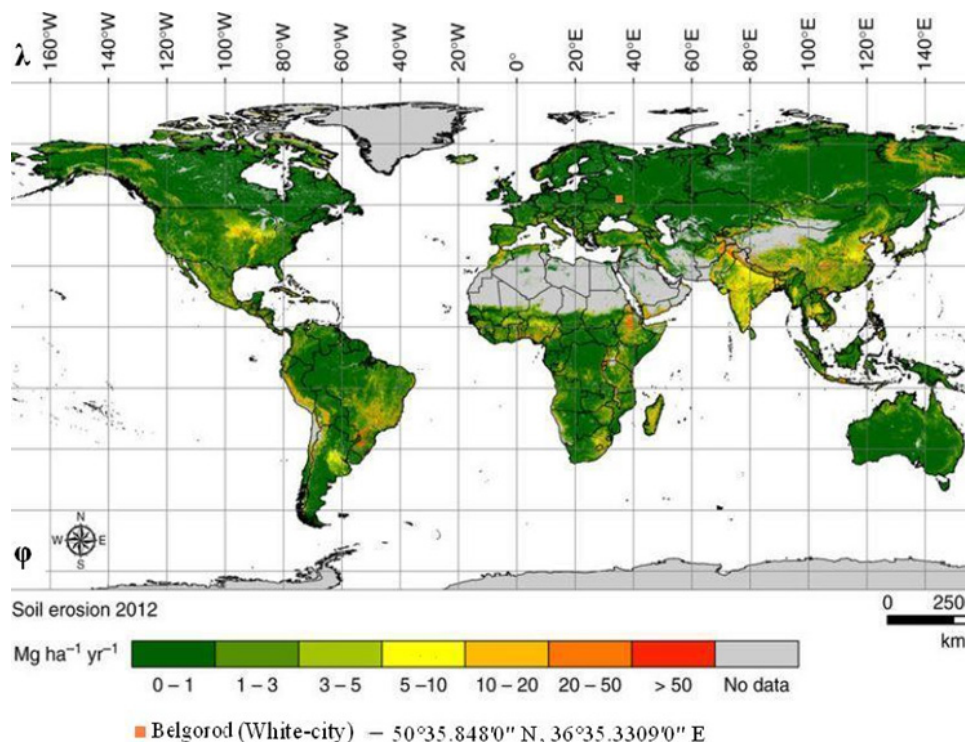
Received: 27 January 2020. Accepted: 15 April 2020

For citation:

Soldat IE. Reducing the negative impact of soil erosion in the Belgorod region through adaptive landscape farming system. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):182—190. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190

Введение

Согласно «Пересмотренной Всемирной хартии почв», принятой Международной организацией по продовольствию и сельскому хозяйству в 2015 г., правительства всех стран призываются рассматривать почвенный покров в качестве всемирного достояния человечества [1], что обращает приоритетное внимание государственных структур, принимающих решения, на его сохранение и развитие. Одним из самых опасных разрушителей почв является процесс эрозии, прогрессирующий в большинстве стран мира (рис.) [2, 3].



Карта подверженности земель планеты процессам эрозии [3]

A map of susceptibility of soils to erosion processes [3]

Каждый год приблизительно 75 млрд т почвы на планете разрушается и в большой мере — за счет эрозии. В Китае, Индии, США, Южной Америке ежегодные потери плодородной почвы составляют до 5...6 млрд т [3]. При этом время восстановления, возобновления свойств и устойчивости почв как одного из самых важных ресурсов окружающей среды происходит в 15...40 раз медленнее, чем разрушение и потери.

В Российской Федерации решение проблем землепользования, земельных отношений и земельной политики составляют основу социальной, экологической, экономической и в целом политической стабильности государства.

Как видно на рис. 1, российские земли, являющиеся и без того землями рискованного земледелия, подвержены эрозии в значительной мере. Фактические данные по эрозии почвенного покрова РФ за последнее время приведены в [4—7], а также в официальном документе за 2018 г. [8]. Особенно опасен этот синергетический процесс для черноземов.

Один из источников эрозии — овражно-балочный тип динамики грунтов оказывает негативное влияние на развитие и устойчивость городских поселений и застроек. Однако почвенный покров пахотных и пастбищных земель к этим процессам наиболее чуток и трудно восстановим [9]. При этом среди объектов негативного воздействия процессов эрозии наибольший ущерб с экономической точки зрения приносит разрушение черноземов.

Как и во всем мире, эрозия почвенного покрова от воздействия различных источников становится все более значимым бедствием и в Белгородской области.

Площадь Белгородской области составляет более 2700 тыс. га (61 % — пашня, 12,8 % — пастбища, 2,5 % — сенокосы, леса и прочие земли — 22,7 %) [7]. По характеру рельефа местности обычно определяют пять типов: склоновый, плакорный, надпойменно-террасовый, пойменный и зандровый. В Белгородской области преобладает склоновый тип местности. При этом на склонах крутизной более 3° расположено 30 % земель. Сложность почвенного покрова и многообразие почв обусловлено пестротой условий почвообразования и расчлененным рельефом. Сравнительно высокая по плотности овражность территории варьирует от умеренной до сильной (Старооскольский район — 0,5...0,8 ед/км²; Корочанский, Волоконовский, Губкинский районы — до 1,1 ед/км²) [6].

Территория области богата почвами с гумусом, обладающим большим естественным плодородием, около 80 % всей площади (2 млн га) и примерно 90 % от площади пашни (более 1,600 млн га) составляют черноземы [7]. Область и располагается в юго-западной части Центрального Черноземья — региона, получившего свое название благодаря основному природному богатству — чернозему. В.В. Докучаев так оценивал этот комплексный феномен природы: «Чернозём — это царь почв, кормилец России», он «дороже всякой нефти, всякого каменного угля, дороже золотых и железистых руд» [10]. Докучаев называл его «коренным, ни с чем несравнимым богатством России». В.И. Вернадский считал, что «чернозем в истории почвоведения сыграл такую же выдающуюся роль, какую имела лягушка в истории физиологии, кальцит в кристаллографии, бензол в органической химии» [11].

Достаточно благоприятные климатические условия, в основном равнинный характер местности, высокоплодородные почвы предрасполагают к интенсивному сельскохозяйственному производству. Распаханность территории области составляет 61 % общей площади. Однако наличие обширных площадей склоновых земель, значительное распространение овражно-балочной сети ведет к широкому распространению процессов почвенной эрозии, приводящих к деградации почв, уменьшению их плодородия и снижению урожайности сельскохозяйственных культур [12—16].

Площадь эродированных почв составляет около 55 % от всей территории области. Слабосмытые из них составляют около 35 %, среднесмытые — примерно 13 %, сильносмытые — 5,6 % и развеваемые — около 1 %. За последние 30...40 лет, по данным Белгородского аграрного научного центра РАН [12], площади эродированных земель Белгородской области увеличились в Западной природно-сельскохозяйственной зоне на 5,1 %, в Центральной — на 8,4 % и Юго-Восточной — на 9,1 % [6, 7].

В экспериментах показано, что при сокращении применения минеральных и органических удобрений в современных экономических условиях, используя традиционные технологии земледелия, достигнуть приемлемого результата для устойчивого развития изучаемого агроландшафта баланса гумуса оказалось невозможным [17]. Выходом здесь является повсеместное внедрение систем адаптивно-ландшафтного земледелия (АЛЗ) с увеличением в севооборотах доли многолетних трав.

Организация территории по контурно-мелиоративной дифференциации (КМД) в рамках АЛЗ является технологией снижения почвенно-эрозионной деградации, способной минимизировать саму водную эрозию, стабилизировать и повысить плодородие почв, биологизировать земледелие, что способствует и повышению его экономической эффективности. При этом остановить вызванную эрозией почв массовую деградацию земель можно лишь при введении полного комплекса почвозащитных мероприятий, включающего подсистемы агротехнических, гидротехнических, луго-, лесомелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий во все сельскохозяйственные предприятия любой формы собственности, занимающиеся растениеводством.

Почвозащитная система АЛЗ предусматривает расширение посевов многолетних трав до 25 %, введение в севообороты зернобобовых культур и однолетних трав. Исследованиями Белгородского аграрного научного центра РАН установлено, что в агроклиматических условиях Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) потенциальные возможности вовлечения атмосферного азота в биологический круговорот довольно значительны. Они составляют в расчете на 1 га: у сои 50 кг, у гороха — 76 кг, викоовсяной смеси — 78 кг. У многолетних трав первого года пользования эти значения составляют: эспарцета — 178 кг/га, люцерны — 197, клевера — 196; у трав второго года пользования уже намного больше: эспарцета — 336, люцерны — 431, клевера — 257 кг/га [9].

Однако многие теоретические положения концепции адаптивно-ландшафтного земледелия нуждаются в экспериментальном подтверждении и уточнении с учетом

региональных особенностей [8—11]. Например, достаточно хорошо изучена эффективность отдельных приемов защиты почв от эрозии, используемых в ландшафтных системах земледелия: почвозащитных обработок, севооборотов, гидротехнических сооружений, лесополос различной конструкции и др., в то же время практически отсутствуют экспериментальные данные, характеризующие комплексную агроэкологическую эффективность этих систем земледелия [13—16, 18, 19].

Цель исследования — проанализировать возможность концептуального противодействия эрозии как источнику деградации почвенного покрова, оценить комплексную агроэкологическую эффективность разработанной ранее системы АЛЗ с организацией территории по КМД и в условиях эрозионно-активной динамики почвенной среды юго-западной части лесостепной зоны ЦЧР, к которой географически относится Белгородская область.

Материалы и методы

Несмотря на то, что ландшафтные системы земледелия начали внедрять более четверти века назад, а в Белгородской области они полностью или частично функционируют в 100 хозяйствах, для проведения экспериментов был еще в 1994 г. заложен всего один стационарный объект, принадлежащий лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии Белгородского аграрного научного центра РАН и подробно описанный в [6, 13], на объекте осуществлялся агроэкологический мониторинг по обеспечению наших опытов. Трехрядные защитные лесополосы, размещенные по горизонталям склона на рубежах 3 и 5° системы АЛЗ с организацией территории по формату КМД, количество энергии, полученной с урожаем, в 3,1...4,9 раза, превышает количество затраченной антропогенной энергии. Таким образом, энергетическую эффективность адаптивно-ландшафтной системы земледелия можно считать достаточно высокой (табл. 1).

Таблица 1

Среднегодовой баланс гумуса за две ротации севооборота при адаптивно-ландшафтной системе земледелия

Удобрения, кг д. в./га			Продуктивность, т.к.ед./га	Коэффициент энергетической эффективности	Баланс гумуса, т/га	Интенсивность баланса, %
N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
Зернопропашной севооборот (склон 1...3°)						
0	0	0	4,24	3,63	-0,72	37
*65	60	60	7,35	3,33	-0,51	50
Зернотравяной севооборот (склон 3...5°)						
0	0	0	2,01	6,41	1,76	335
14	11	11	2,46	6,51	1,93	366
В среднем по склону 1...5°						
0	0	0	3,13	5,02	0,52	186
**40	36	36	4,91	4,92	0,71	208

Примечание. Среднегодовая доза навоза: * — 4 т/га и ** — 2 т/га.

Table 1

Average annual humus balance for two rotations under adaptive-landscape farming system

Fertilizers, kg/ha			Productivity, thousand feed units/ha	Energy efficiency ratio	Humus balance, t/ha	Balance intensity, %
N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
Grain crop rotation (slope 1...3°)						
0	0	0	4.24	3.63	-0.72	37
*65	60	60	7.35	3.33	-0.51	50
Grain-grass crop rotation (slope 3...5°)						
0	0	0	2.01	6.41	1.76	335
14	11	11	2.46	6.51	1.93	366
Average on slope 1...5°						
0	0	0	3.13	5.02	0.52	186
**40	36	36	4.91	4.92	0.71	208

Note. The average annual dose of manure: * – 4 t/ha, and ** – 2 t/ha.

Заключение

Разработанная Белгородским аграрным научным центром система АЛЗ в ОПХ «Белгородское» логично развивает ранее освоенные в Белгородской области почвозащитные системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории. Применение данной системы АЛЗ позволяет до минимума снизить процессы эрозии, сохранять устойчивость плодородия почв, позитивно влиять на экономические показатели и энергетическую эффективность земледелия в рамках как отдельного хозяйства, так и области. В результате несколько сократилась площадь пашни, выросла площадь лесополос и почвозащитных севооборотов; значительно возросла средняя по хозяйству урожайность зерновых и технических культур; увеличилось применение органических и минеральных удобрений, возросла их окупаемость, отрасль растениеводства стала прибыльной и рентабельной.

Отметим, что остановить водную эрозию, создать условия для стабилизации и повышения плодородия почв, обеспечить биологизацию земледелия и повысить его экономическую эффективность можно только в рамках АЛЗ. В конечном итоге это позволит увеличить производство отечественной сельскохозяйственной продукции и повысит продовольственную безопасность России.

Библиографический список

1. Пересмотренная Всемирная хартия почв. 2015 // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/b-i4965r.pdf> Дата обращения: 02.02.2020.
2. Barrows H.L., Kilmer V.J. Plant nutrient losses from soils by water erosion // Adv. Agron. 1963. Vol. 15. P. 303—315.
3. Borrelli P., Robinson D.A., Fleischer L.R. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion // Nature Communications. 2017. Vol. 8. № 2013. doi: 10.1038/s41467-017-02142-7
4. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. М., 1960. Т. 2. 248 с.

5. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. Белгород: Отчий край, 2013. 372 с.
6. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. Белгород: Отчий край, 2014. 113 с.
7. Linkina A.V., Nedikova E.V. Assessment of the State and Management of Modern Agricultural Landscapes in the Central Black Earth Region // VIII All-Russian Science and Technology Conference “Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus” (CIGGG 2018). Advances Engineering Research. Vol. 182. Russia: Atlantis Press, 2018. Pp. 369—373.
8. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НИИ-Природа. 2019. 760 с.
9. Zuazo V.H.D., Pleguezuelo C.R.R. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers // *Sustainable Agriculture*. 2008. Pp. 785—811. Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-90-481-2666-8_48
10. Докучаев В.В. Русский чернозем. М., 1883. 635 с.
11. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. С. 131—134.
12. Abdo M.T., Vieira, S.R., Martins A.L.M., Silveira L.C.P. Gully Erosion Stabilization in a Highly Erodible Kandiuistalf Soil at Pindorama (São Paulo State), Brazil // *Ecological Restoration*. 2013. Vol. 31. № 3. Pp. 246—249.
13. Котлярова О.Г. Ландшафтная система земледелия Центрально-Черноземной зоны. Белгород, 1995. 293 с.
14. Сычев В.Г., Шафран С.А. О балансе питательных веществ в земледелии России // *Плодородие*. 2017. № 1. С. 1—4.
15. Солдат И.Е., Кононенко Л.А., Мирошникова Ю.В., Лукин С.В. Продуктивность севооборотов и баланс основных элементов питания в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2004. Т. 4. № 4—1. С. 18—19.
16. Козлова Л.М. Продуктивность и баланс основных питательных элементов в севооборотах при различных уровнях интенсификации // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № . С. 6—9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10102
17. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. // *Плодородие*. 2016. № 2. С. 5—7.
18. Азаров Б.Ф., Акулов П.Г., Азаров В.Б., Соловиченко В.Д. Размеры вовлечения в биологический круговорот атмосферного азота бобовыми культурами // *Системы воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: материалы Всероссийской научно-практической конференции 27—29 июня 2001*. Белгород: Крестьянское дело, 2001. С. 18—20.
19. Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство. М.: ВГНУ «Росинфорагротех». 2005. 784 с.
20. Солдат И.Е., Солнцев П.И., Шаповалов Н.К., Ишков В.Л. Технология возделывания эспарцета в адаптивно-ландшафтной системе земледелия юго-западной части ЦЧР // *Сахарная свекла*. 2019. № 1. С. 38—40.

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Revised World Soil Charter — 2015*. Rome: FAO; 2015. Available from: <http://www.fao.org/3/I4965E/i4965e.pdf> [Accessed 2 February 2020].
2. Barrows HL, Kilmer VJ. Plant nutrient losses from soils by water erosion. *Advances in Agronomy*. 1963; 15:303—315. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60401-0
3. Borrelli P, Robinson DA, Fleischer LR, Lugato E, Ballabio C, Alewell C, et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*. 2017; 8(1):2013. doi: 10.1038/s41467-017-02142-7
4. Sobolev SS. *Razvitie erozionnykh protsessov na territorii evropeiskoi chasti SSSR i bor'ba s nimi* [Development of erosion processes in the European part of the USSR and control]. Moscow; 1960. (In Russ.)
5. Solovichenko DV, Tyutyunov IS. *Pochvennyi pokrov Belgorodskoi oblasti i ego ratsional'noe ispol'zovanie* [Soil cover of the Belgorod region and its rational use]. Belgorod: Otchii kraj Publ.; 2013. (In Russ.)
6. Tyutyunov S.I., Solovichenko V.D. *Monitoring pochvennogo pokrova Belgorodskoi oblasti* [Monitoring of soils of the Belgorod region]. Belgorod: Otchii kraj Publ.; 2014. (In Russ.)
7. Linkina AV, Nedikova EV. Assessment of the State and Management of Modern Agricultural Landscapes in the Central Black Earth Region. In: *VIII All-Russian Science and Technology Conference “Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus” (CIGGG 2018)*. Series: *Advances in Engineering Research*. Vol. 182. Russia: Atlantis Press; 2018. p. 369—373. doi: 10.2991/cigg-18.2019.70

8. *Gosudarstvennyi doklad 'O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu'* [State report 'On the State and Environmental Protection of the Russian Federation in 2018']. Moscow: NIA-Priroda Publ.; 2019. (In Russ.)
9. Zuazo VHD, Pleguezuelo CRR. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: a review. In: Lichtfouse E, Navarrete M, Debaeke P, Véronique S, Alberola C. (eds.) *Sustainable Agriculture*. Dordrecht: Springer; 2009. p. 785—811. doi: 10.1007/978-90-481-2666-8_48
10. Dokuchaev VV. *Russkii chernozem* [Russian chernozem]. Moscow; 1883. (In Russ.)
11. Vernadsky VI. *Zhivoe veshchestvo* [Living substance]. Moscow: Nauka Publ.; 1978. (In Russ.)
12. Abdo MT, Vieira SR, Martins ALM, Silveira LCP. Gully Erosion Stabilization in a Highly Erodible Kandian Soil at Pindorama (São Paulo State), Brazil. *Ecological Restoration*. 2013; 31(3):246—249.
13. Kotlyarova OG. *Landshaftnaya sistema zemledeliya Tsentral'no-Chernozemnoi zony* [Landscape system of agriculture in the Central black earth zone]. Belgorod; 1995. (In Russ.)
14. Sychev VG, Shafran SA. Balance of nutrients in Russian agriculture. *Plodorodie*. 2017; (1) 1—4. (In Russ.)
15. Soldat IE, Kononenko LA, Mirosnikova UV, Lukin SV. Productivity of crop rotations and balance of basic nutrition elements under conditions of adaptive landscape farming. *Izvestia Orenburg state agrarian university*. 2004; 4(4—1):18—19. (In Russ.)
16. Kozlova LM. Productivity and the balance of the main nutrients in crop rotation at different levels of intensification. *Achievements of science and technology in Agro-Industrial complex*. 2019; 33(1): 6—9. (In Russ.) doi: 10.24411/0235-2451-2019- 10102
17. Sychev VG, Shafrans SA, Dukhanina TM. Prognosis of the demands of Russian agriculture for mineral fertilizers to 2030. *Plodorodie*. 2016; (2);5—7. (In Russ.)
18. Azarov BF, Akulov PG, Azarov VB, Solovichenko VD. The size of involvement of legumes into biological cycle of atmospheric nitrogen. In: *Sistemy vosproizvodstva plodorodiya pochv v landshaftnom zemledelii, June 27—29, 2001* [Soil fertility reproduction systems in landscape farming]. Belgorod: Krest'yanskoe delo publ.; 2001. p.18—20. (In Russ.)
19. Kiryushin VI, Ivanov AL. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii* [Agroecological assessment of land, design of adaptive landscape farming systems and agricultural technologies]. Moscow: Rosinformagroteh publ.; 2005. (In Russ.)
20. Soldat IE, Solntsev PI, Shapovalov NK, Ishkov VL. Technology of sainfoin cultivation in adaptive-landscape farming system of the southwestern part of the Central Black Earth region. *Sugar beet*. 2019; (1):38—40. (In Russ.)

Об авторе:

Солдат Игорь Евгеньевич — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии, Белгородский Федеральный аграрный научный центр РАН, Российская Федерация, 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, д. 58; e-mail: soldat.i@mail.ru

About author:

Soldat Igor Evgenyevich — Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher, laboratory of Adaptive Crop Production and Agroecology, Belgorod Federal agricultural research center of the Russian Academy of Sciences, 58, Oktyabrskaya st., Belgorod, 308001, Russian Federation; e-mail: soldat.i@mail.ru