

МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*И.Г. Костин, Е.С. Малышева, ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский»
Россия, 308027, г. Белгород, ул. Щорса, 8, e-mail.: Hacker-100788@yandex.ru, helen2907a@mail.ru*

В работе агрохимической службы одной из важнейших задач является постоянное совершенствование методов и средств мониторинга плодородия почв. Поэтому при мониторинге сельскохозяйственных земель необходима разработка и внедрение новых технологий, позволяющих автоматизировать многие процессы структурирования и анализа данных. Одной из таких технологий являются геоинформационные системы (ГИС), хранящие информацию об агрохимическом состоянии почв совместно с картографическими данными. Исследование посвящено рассмотрению «ГИС Агроэколог Онлайн» в аспекте мониторинга плодородия почв. В статье кратко описан функционал системы, который способствует ускорению и облегчению выполнения многих операций в процессе мониторинга сельскохозяйственных земель. Функционал ГИС опирается на основные направления агрохимического обследования, которые определены Федеральным законом РФ, а также на перечень показателей и методов исследований, определённых соответствующими ОСТАми. Формы отчётов и таблиц разработаны совместно специалистами ФГБУ «ЦАС «Белгородский», департамента агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды Белгородской области и Министерства сельского хозяйства РФ. Модули ГИС реализованы с учётом потребностей пользователей системы. Основываясь на результатах данного исследования, пришли к заключению о необходимости применения «ГИС Агроэколог Онлайн» при проведении мониторинга плодородия почв.

Ключевые слова: геоинформационная система, ГИС, картограмма, мониторинг, почва, плодородие, агрохимическая служба.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.112.08

Плодородие почвы – важнейший фактор установления ценности земельных ресурсов в качестве главного актива сельскохозяйственного производства отдельно взятой хозяйственной инфраструктуры. В то же время, плодородие определяет способность почвы доставлять в необходимом количестве растениям питательные вещества, воздух, воду, тепло, а также создавать благоприятную биологическую и физико-химическую среду и обеспечивать высокие урожаи сельскохозяйственных культурных растений при хорошем качестве продукции [7].

Высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, которые обеспечивают стабильный рост и развитие растений, способствуют формированию качественного урожая, препятствуют деградации земель [1].

В этой связи необходимость разработки и применения вспомогательных автоматизированных средств мониторинга плодородия почв все более ощутима. При реализации таких систем необходимо учитывать регламент проведения агрохимических, почвенных, фитосанитарных и эколого-токсикологических обследований земель сельскохозяйственного назначения.

Цель данной работы – обосновать целесообразность применения геоинформационных систем для мониторинга плодородия почв на примере «ГИС Агроэколог Онлайн». Для её реализации в данном исследовании будет рассмотрен функционал системы.

Методика. Основана на анализе почвенных и агрохимических данных и выявлении закономерностей улучшения и деградации состояния почв Белгородской области с помощью средств «ГИС Агроэколог Онлайн».

Геоинформационная система под названием «ГИС Агроэколог Онлайн» разработана и внедрена в 2017 г. на базе ФГБУ «ЦАС «Белгородский». Она предоставляет пользователям доступ к базе данных агрохимической службы при переходе по ссылке на сайте <http://www.agrochim31.ru>.

Основой ГИС служит база данных в формате SQL, содержащая информацию мониторинга по показателям плодородия почвы для каждого отдельно взятого участка пашни. В качестве пространственной основы системы выступают планы внутривладельческого землеустройства, векторизованные сотрудниками ФГБУ «ЦАС «Белгородский» и уточненные с помощью космических снимков.

«ГИС Агроэколог Онлайн» содержит следующие функциональные модули, позволяющие широко охватить мониторинг плодородия почвы: 1) головной модуль – ГИС, 2) модуль работы с данными, 3) картографический модуль, 4) модуль агронома, 5) модуль реестров данных, 6) модуль отчётов, 7) модуль анализа данных [2]. Данные модули содержат функции, которые позволяют решать задачи, стоящие перед землепользователями, агрохимической службой и органами управления АПК.

Результаты и их обсуждение. Перечень показателей и методы исследований при мониторинге плодородия сельскохозяйственных земель, ежегодно проводимом Государственной агрохимической службой, должны отвечать требованиям соответствующих ОСТов [9].

Все модули «ГИС Агроэколог Онлайн» ориентированы на решение определённых задач мониторинга плодородия почв и выполняют соответствующие функции. Информацию, относящуюся к мониторингу почв, которой оперирует система, можно условно разделить на несколько блоков: 1) блок агрохимических данных;

2) блок данных почвенно-эрозионного обследования; 3) блок книги истории полей.

Блок агрохимических данных. Содержит сведения по основным показателям плодородия почв, которые определяют при агрохимическом обследовании: степень кислотности, содержание органического вещества, подвижных форм фосфора и калия [8]. На основе этих данных происходит автоматическое построение тематических картограмм, статистических диаграмм, отчетных форм с табличными данными, что способствует их детальной визуализации.

Кислотность почв выступает одним из основных факторов плодородия, отражающимся на урожайности культур. Важнейшей составляющей почвенного плодородия является также содержание органического вещества в почвах, которое даже считается показателем устойчивости почв. В свою очередь фосфор и калий – важные элементы питания растений. Резкое снижение их содержания в почве приводит к уменьшению продуктивности сельскохозяйственной продукции, а в отдельных случаях и к потерям некоторых экологических и хозяйственных функций почвы [3, 4].

Помимо обеспеченности основными питательными элементами, система отображает картографическую и статистическую информацию о мезо- и микроэлементах, а также строит по некоторым из них тематические картограммы.

Благодаря автоматическому построению диаграмм по каждому показателю с учетом данных почвенно-эрозионного обследования, можно выявить причины пониженной урожайности и оперативно разработать план борьбы с этой проблемой. Такие картограммы необходимы сельхозтоваропроизводителям, поскольку с их помощью можно вести точное земледелие, значительно снижая затраты ресурсов [5].

Блок данных почвенно-эрозионного обследования. Включает сведения о химическом и гранулометрическом составе каждой точки копания почвенно-эрозионного обследования. На основе полученных данных строят почвенные картограммы с отображением этих точек и картограммы эрозии почв с делением на семь групп, согласно степени проявления эрозионных процессов (рис. 1).

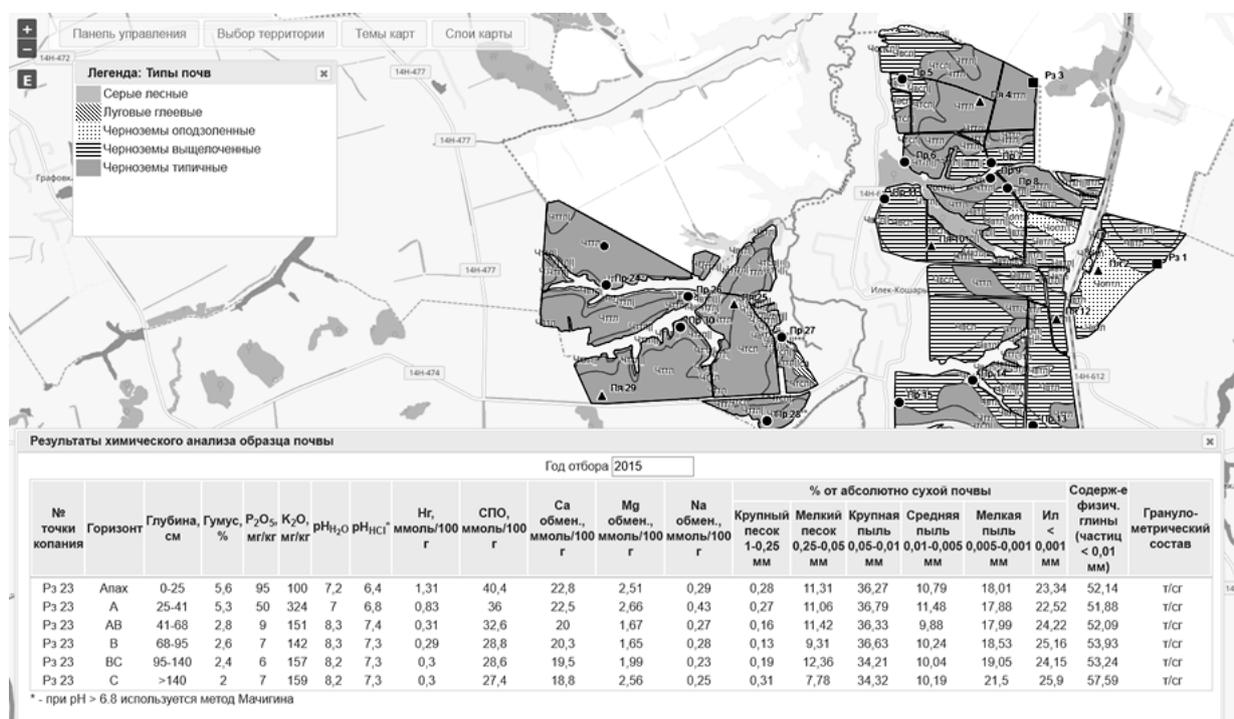


Рис. 1. Послойный химический и гранулометрический состав каждой точки копания почвенно-эрозионного обследования

Эрозия почв характеризуется широким распространением на территории. Она охватывает значительные площади земель с различной степенью смытости почв. Картограмме эрозии почвы уделяют особое внимание при принятии решений по проведению противоэрозионных мероприятий.

По совокупным материалам агрохимического и почвенно-эрозионного обследования составляют картограмму агроэкологических типов земель (рис. 2). Эта картограмма служит основой при последующем проектировании севооборотов в системе земледелия. Легенда к картограмме является информационно-наполненной, содержащей сведения о почвенном покрове, крутизне склона, рекомендуемых севооборотах, обработке поч-

вы, средствах защиты растений (СЗР) и другие для конкретного агроэкологического типа.

Блок книги истории полей. Позволяет просматривать агроному и сельхозтоваропроизводителю сведения обо всех агрохимических показателях и преобладающем почвенном покрове для каждого выбранного участка. В книгу истории полей землепользователи самостоятельно могут заносить информацию о произрастающих культурах и основных их характеристиках, таких как сорт, репродукция, норма высева, урожайность, дата посева и уборки и т.д. Можно вносить информацию о минеральных и органических удобрениях, болезнях, сорняках, вредителях, обработке почвы и применяемых препаратах. По результатам этих данных строят картограмму структуры посевных площадей (рис. 3).



Рис. 2. Картограмма типизации земель хозяйства

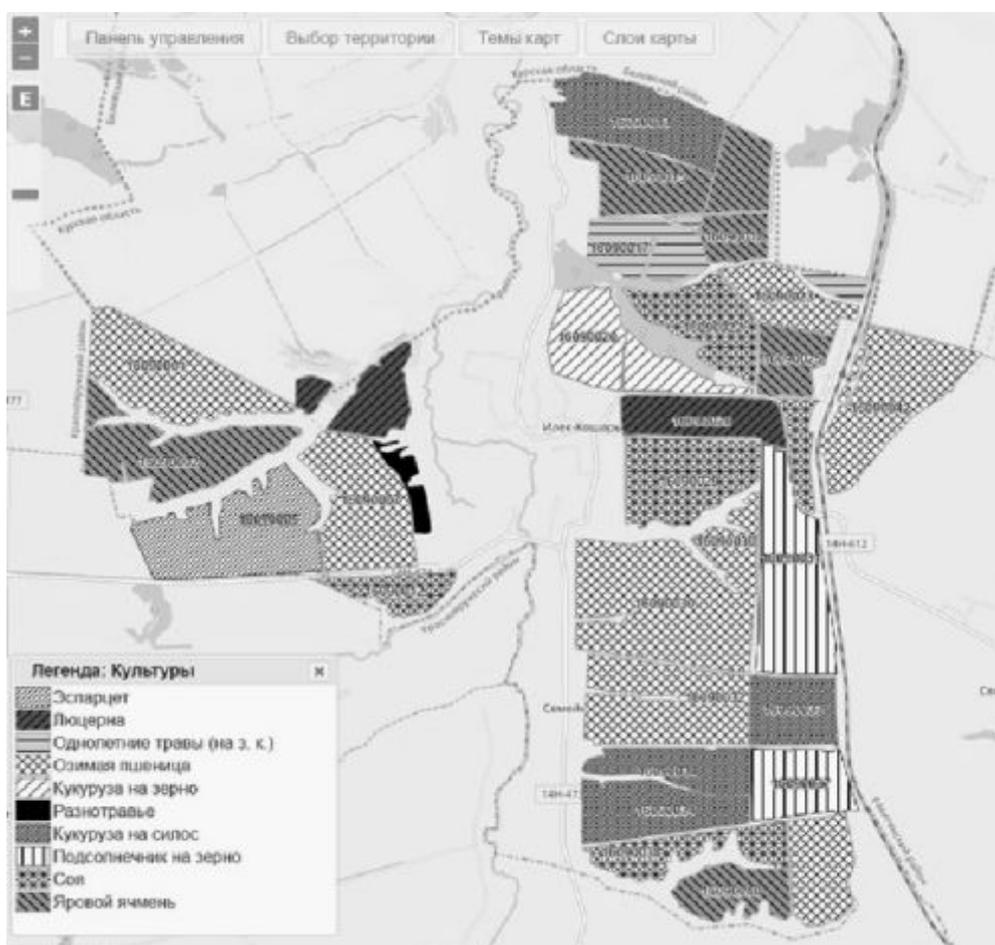


Рис. 3. Картограмма структуры посевных площадей

Помимо графического отображения, сведения, внесенные в книгу истории полей, просматривают в виде таблиц в отчетных формах. Здесь можно увидеть какую площадь в хозяйстве занимает каждая сельскохозяйственная культура, а также её процентное соотношение с общей площадью участков в хозяйстве.

В ГИС существует возможность построения картограммы урожайности по выбранной сельскохозяйственной культуре, что позволяет агроному установить влияние тех или иных показателей на продуктивность почвы. Такие данные исключительно ценны для агрономов и руководителей хозяйств, поскольку позволяют контролировать количество собранного урожая, а также правильно и своевременно планировать агротехнические и мелиоративные мероприятия. Построение различных картограмм обеспечивает землепользователя необходимой информацией для разработки стратегии земледелия и принятия решений о дальнейших действиях.

При заполнении данных о минеральных и органических удобрениях с указанием вида, доз и сроков внесения под текущую культуру, производят расчет основных элементов питания почвы – азота, фосфора и калия (НРК). Здесь же размещают модуль расчета научно обоснованных доз удобрений под условия конкретного участка и выбранной землепользователем культуры и урожайности.

На рисунке 4 показан расчет доз внесения НРК в действующем веществе, необходимых для получения 5 т/га озимой пшеницы.

Книга истории полей			
Общие данные			
Дозы минеральных удобрений			
Значения коэффициентов			
$D(N) = B(N) \cdot Y \cdot K1(N) \cdot K2(N) \cdot K3(N) \cdot Do(N) \cdot K4(N) \cdot Don(N) \cdot K5(N)$ $D(P) = B(P) \cdot Y \cdot K1(P) \cdot K3(P) \cdot K7(P) \cdot K8(P) \cdot Do(P) \cdot K4(P) \cdot Don(P) \cdot K5(P) \cdot Dn(P) \cdot K6(P)$ $D(K) = B(K) \cdot Y \cdot K1(K) \cdot K3(K) \cdot K7(K) \cdot Do(K) \cdot K4(K) \cdot Don(K) \cdot K5(K) \cdot Dn(K) \cdot K6(K)$			
	N (Азот)	P2O5 (Фосфор)	K2O (Калий)
В, кг/т	22,7	8,3	14,9
У, т/га	5		
До, т/га	0	0	0
Доп, т/га	30	20	20
Дп, кг/га	16	16	16
K1	1	1	1
K2	0,8		
K3	1	1	1
K4	0,25	0,3	0,5
K5	0,2	0,15	0,1
K6	0	0,1	0,2
K7		1	0,7
K8		1	
Д, кг/га	84,8	36,9	46,95

Рис. 4. Пример расчета годовых доз удобрений

ГИС обеспечивает внесение данных и формирование отчетности по способам обработки почвы, методам защиты растений, вредителям, сорнякам и болезням в конкретные фазу и год.

Главными преимуществами ГИС в аспекте защиты растений являются: графическое отображение данных фитомониторинга при нанесении их на картограммы; минимальная погрешность установления площадей участков, заселенных вредителями, зараженных болезнями и засоренных сорняками; повышение эффективности защитных мероприятий на основе этих данных. Картограммы позволяют изучить фитосанитарную обстановку и конкретные места нахождения вредителей [6]. На рисунке 5 показан пример отчета по засоренности посевов.

Отчёт			
Министерство сельского хозяйства РФ			
ФГБУ "ЦЕНТР АГРОХИМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ "БЕЛГОРОДСКИЙ"			
Отчёт по сорнякам на участках			
Район:	Рахитянский		
Хозяйство:	Колхоз "Знамя труда"		
Год:	2018		
Отделение: Отделение №1			
Сорняк	Кол-во сорняков	Пороговое значение	Необходимость обработки
№ по СП / № Участка: 1464816090004 / 4		Площадь, га: 13	
Культура: Люцерна		Фаза: Бутонизация	
Бодяк полевой	1	2	Не требуется
№ по СП / № Участка: 1464816090005 / 5		Площадь, га: 183	
Культура: Яровой ячмень		Фаза: Молочая спелость	
Бодяк полевой	1	1	На усмотрение
Пырей ползучий	2	3	Не требуется
№ по СП / № Участка: 1464816090006 / 1		Площадь, га: 59	
Культура: Люцерна		Фаза: Бутонизация	
Бодяк полевой	1	2	Не требуется
№ по СП / № Участка: 1464816090013 / 9		Площадь, га: 135	
Культура: Озимая пшеница		Фаза: Молочая спелость	
Бодяк полевой	1	2	Не требуется
№ по СП / № Участка: 1464816090017 / 11		Площадь, га: 77	

Рис. 5. Отчёт по засоренности посевов

По результатам, отображенным в отчетах, о наличии вредителей, сорняков и болезней, агроном может прогнозировать дальнейшее распространение всех вредных объектов, установить необходимость применения той или иной обработки на конкретном участке и на основе этих данных составить дальнейший план действий.

Химическая мелиорация – это система приемов химического воздействия на почву для восстановления её пищевого режима и повышения урожайности с.-х. культур [10]. В системе имеется возможность сформировать реестр проектно-сметной документации по известкованию кислых почв, скачать проект и отобразить реализацию агрономелиоративных мероприятий в виде картограммы, позволяющей отслеживать выполнение проектов по мелиорации землепользователями на уровне агропромышленного комплекса России. На основе этих данных можно принимать решение о выделении федеральных средств для компенсации расходов землепользователей.

Выводы. В результате внедрения «ГИС Агроэколог Онлайн» в работу агрохимической службы России мониторинг плодородия почвы продвинулся на новый уровень. Система позволяет упорядоченно и в удобной форме хранить данные агрохимического и почвенно-эрозионного обследования, ускорить и упростить работу по их анализу с помощью различных отчетов. Землепользователям система дает возможность вести учёт выполнения агрономелиоративных мероприятий и фитосанитарного состояния, а местным и федеральным органам управления оперативно контролировать ситуацию на участках.

По результатам данного и предшествующих исследований [2, 5], рекомендуем повсеместное внедрение «ГИС Агроэколог Онлайн», поскольку полученный опыт показывает, что современные методы ведения сельского хозяйства требуют использования новейших

технологичных средств обработки и анализа информации, чем и является данная система.

Литература

1. Копишев Э.Е. Применение ГИС – технологий при мониторинге и оценке состояния сельскохозяйственных угодий [Текст] / Э.Е. Копишев, Д.Д. Байгарин, М.Т. Иманбаева, А.Н. Солтангулова // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Астана, 30 июня – 1 июля 2016 г.). – Астана, 2016. – С. 155-159.
2. Костин И.Г. Разработка модульной структуры географической информационной системы для агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / И.Г. Костин, Е.С. Малышева // Проблемы природопользования и экологической ситуации в Европейской России и на сопредельных территориях: матер. VIII Междунар. науч. конф. (Белгород, 22–25 октября 2019 г.) – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2019. – С. 358-362.
3. Лукин С.В. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземных областей России [Текст] / С.В. Лукин // Почвоведение. – 2017. – № 11. – С. 1367-1376.
4. Лукин С.В. Мониторинг кислотности почв ЦЧО России / С.В. Лукин, Е.А. Празина // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 4. – С. 8-11.

5. Любич В.А. Оценка плодородия чернозёмов южных с использованием ГИС-технологий и современных технических средств / В.А. Любич, М.Р. Курамшин // Известия ОГАУ. – 2014. – №5 (49). – С. 66-69.
6. Малько А.М. ГИС-технологии на службе фитомониторинга / А.М. Малько, Д.Н. Говоров, А.В. Живых, Е.С. Новоселов // Защита и карантин растений. – 2012. – №11. – С. 3-5.
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Минсельхоз России, 2003. – 304 с.
8. Никитин С.Н. Влияние средств химизации и биологизации на урожайность озимой пшеницы / С.Н. Никитин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 1. – С. 24-29.
9. Сборник отраслевых стандартов ОСТ 10 294-2002 – ОСТ 10 297-2002. Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации [Текст]. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2002.
10. Сиротина Е.А. Влияние разных доз извести на агрохимические показатели серой оподзоленной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур [Текст] / Е.А. Сиротина, И.Б. Сорокин // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 19-23.

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR MONITORING SOIL FERTILITY

I.G. Kostin, E.S. Malysheva

Agrochemical Service Center «Belgorodsky, Schorsa ul. 8, 308027 Belgorod, Russia, e-mail: hacker-100788@yandex.ru, helen2907a@mail.ru

Permanent improvement of methods and tools of monitoring soil fertility is the most important task in the work of the agrochemical service. To monitor agricultural land, it is necessary to develop and implement new technologies in order to automate the processes of structuring and data analysis. One such technology is geographic information systems (GIS). It contains information on the agrochemical condition of soils and cartographic data. The research considers «GIS Agroecolog Online» in terms of monitoring soil fertility. The article briefly describes the functionality of the system, which helps to speed up and simplify the implementation of many operations carried out in the process of monitoring agricultural land. The Federal Law of the Russian Federation and a list of indicators and research methods defined by regulatory documents define GIS functionality. Forms of reports and tables developed by specialists of organizations of the FSBI «Agrochemical Service Center «Belgorodsky», Department of Agriculture and Environmental Reproduction of the Belgorod Region, and the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. GIS modules implemented taking into account the needs of users of the system. Based on the results of this study, we concluded that «GIS Agroecolog Online» is necessary tool for soil fertility monitoring. Keywords: geographic information system, GIS, cartogram, monitoring, soil, fertility, agrochemical service.

УДК 631.58:631.46:581.5

ОПТИМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ДЛЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

О.А. Оленин, к.с.-х.н., С.Н. Зудилин, д.с.-х.н., Самарский государственный аграрный университет
agrotonik63@mail.ru, zudilin_sn@mail.ru
ул. Учебная, 2, п. г. т. Усть – Кинельский, г. Кинель, Самарская обл., 446442

Методом анализа опубликованных научных данных составлены модели плодородия чернозема обыкновенного – в естественном состоянии и оптимальная для яровой пшеницы в лесостепи Поволжья. Проведенные нами исследования выявили, что основная часть показателей естественного плодородия имеет значения в оптимальных для культуры параметрах, или под воздействием основных элементов системы земледелия изменяется также в оптимальных границах, что является предпосылкой для снижения антропогенного воздействия на агроэкосистемы. Так, общая пористость слоя почвы 0-30 см в естественном состоянии составляет 54-59%, а оптимальная для яровой пшеницы – 54-63%. Плотность сложения слоя почвы 0-30 см под действием различных обработок меняется в интервале 1,06-1,28 г/см³, т.е. остается в оптимальных пределах (1,00-1,25 г/см³), что служит предпосылкой для минимализации основной обработки почвы. В результате многолетних исследований в различных почвенно-климатических зонах России вопросы воздействия безотвальных и нулевых обработок почвы на показатели плодородия чернозема, целесообразности и эффективности минимализации обработки почвы теоретически обоснованы и достаточно изучены. Предлагается сконцентрировать исследования на увеличении выхода кормовых и зерновых единиц с 1 га, повышении устойчивости и стабильности агрофитоценозов (например, за счет внедрения поликультуры зерновых и удлинения продукционного процесса).

Ключевые слова: плодородие почвы, оптимальная модель плодородия, биологизация технологии возделывания, комбинированная разноглубинная обработка почвы, глобальные климатические изменения, природные возобновляемые ресурсы, совместные и смешанные посевы.