

ОБЗОРЫ

УДК 631.5

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ УСТОЙЧИВОГО СТЕПНОГО
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РАБОТАХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
И ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ****Грошева О.А.***Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное
подразделение ОФИЦ УрО РАН, Оренбург, e-mail: Groshev06@yandex.ru*

В статье на основе работ отечественных и иностранных ученых-аграриев анализируются базовые компоненты устойчивого степного землепользования, основанные на применении природоподобных ресурсосберегающих технологий и элементов точного земледелия. Разработка научных основ природоподобных технологий начинается с работ И.Е. Овсинского, Н.М. Тулайкова, Э. Фолкнера, Т.С. Мальцева, А.И. Бараева, А.Н. Каштанова. Исследования этих ученых привели к повороту мирового земледелия в сторону развития устойчивого степного землепользования. Несмотря на новаторство США по массовому внедрению природозащитных технологий, в настоящее время лидерами по применению no-till являются фермеры Аргентины, Австралии, Парагвая и Бразилии. На постсоветском пространстве технология no-till широко применяется в Казахстане и Украине, в России она принята крайне осторожно. Системы земледелия, основанные на mini-till и no-till, позволяют защищать почву от эрозии, способствуют повышению почвенного плодородия, накоплению гумуса и элементов минерального питания, биоактивации в системе растение – почва – микроорганизмы, а также уменьшению уплотнения почв тракторами и машинами, снижению выбросов парниковых газов, экономии ресурсов и энергии. Важным направлением в устойчивом степном землепользовании является применение элементов точного земледелия, позволяющих оптимизировать использование сырья и ресурсов. Основными компонентами системы являются: применение ГИС, использование автоматизированных систем параллельного вождения и МДЗ Земли, дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений, создание электронных карт почв и урожайности полей и др.

Ключевые слова: степное землепользование, экологический кризис, почвозащитные технологии, минимальная и нулевая обработки почвы, точное земледелие

**DEVELOPMENT OF THE SCIENTIFIC BASIS OF SUSTAINABLE STEPPE
LAND USE IN THE WORKS OF DOMESTIC AND FOREIGN RESEARCHERS****Grosheva O.A.***Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences OFRC UB RAS,
Orenburg, e-mail: Groshev06@yandex.ru*

The article, based on the works of domestic and foreign agricultural scientists, analyzes the basic components of sustainable steppe land use, based on the use of nature-like resource-saving technologies and elements of precision farming. The development of the scientific foundations of nature-like technologies begins with the works of I.E. Ovsinsky, N.M. Tulaykov, E. Faulkner, T.S. Maltseva, A.I. Baraeva, A.N. Kashtanova. The research of these scientists led to a turn of world agriculture towards the development of sustainable steppe land use. Despite the US pioneering the massive adoption of environmental technologies, farmers in Argentina, Australia, Paraguay and Brazil are currently the leaders in the use of no-till. In the post-Soviet space, no-till technology is widely used in Kazakhstan and Ukraine, in Russia it is adopted extremely cautiously. Farming systems based on mini-till and no-till help protect the soil from erosion, contribute to an increase in soil fertility, the accumulation of humus and mineral nutrients, bioactivation in the plant – soil – microorganisms system, as well as reduce soil compaction by tractors and machines, reduce greenhouse gas emissions, saving resources and energy. An important direction in sustainable steppe land use is the use of precision farming elements that optimize the use of raw materials and resources. The main components of the system are: the use of GIS, the use of automated systems for parallel driving and MDZ of the Earth, the differentiated application of fertilizers and plant protection products, the creation of electronic maps of soils and field yields, etc.

Keywords: steppe land use, ecological crisis, conservation technologies, minimum and zero tillage, precision farming

В степной зоне, где расположены наиболее плодородные почвы – чернозёмы, сосредоточены основные посевные площади продовольственных культур. Высокий уровень антропогенной нагрузки на протяжении нескольких столетий стал причиной развития деградационных процессов в степных ландшафтах – дегумификации, активизации водной и ветровой эрозии, снижения почвенного плодородия и сокращения биоразнообразия. Нарастание негативных процессов приводило к проявлению экологических

кризисов степного природопользования. Непрерывный поиск путей выхода из кризисных ситуаций, осуществляемый мировым научным сообществом, сопровождался разработкой и применением на практике различных почвозащитных приёмов, технологий и систем. Одним из основных направлений развития сельскохозяйственного производства в мире на современном этапе является переход на ресурсосберегающие природоподобные технологии в земледелии, которые являются основой устойчиво-

го степного землепользования и позволяют получать стабильные урожаи сельскохозяйственных культур.

Целью исследования является анализ основных компонентов устойчивого степного землепользования – природоподобных ресурсосберегающих технологий и прецизионного (точного) земледелия на основе ретроспективного изучения работ отечественных и иностранных учёных-аграриев.

Материалы и методы исследования

В качестве материала для исследования были использованы опубликованные научные работы отечественных и зарубежных учёных, посвящённые развитию приёмов и методов природоподобного земледелия, в частности минимальной и нулевой обработки почвы. Важным дополнением к этим ресурсосберегающим технологиям является использование в практике работы сельскохозяйственных предприятий точного (цифрового) земледелия. Основой для анализа стали труды учёных и практиков России, США, Бразилии, Чили. Анализ развития теоретических идей и практических приёмов ресурсосберегающего земледелия проведён на основе сравнительно-исторического метода.

Результаты исследования и их обсуждение

Устойчивое степное землепользование в настоящее время базируется на разработке и применении в сельскохозяйственном производстве новационных природоподобных технологий, которые, наряду с производством сельскохозяйственной продукции, должны обеспечивать повышение плодородия почв и реализацию их экологических функций в биосфере. Основой природозащитных технологий является применение в практике земледелия безотвальной обработки, чизелевания, щелевания, минимальной (mini-till) и нулевой обработки (no-till) [1], приёмов прецизионного («точного») земледелия.

Применение mini-till и no-till с использованием широкозахватной и комбинированной техники подразумевает оставление стерни и мульчи на поверхности почвы. Со временем на поверхности создается равномерный биологически активный слой (не менее 3–4 см) в виде перепревших и полуперепревших остатков основных и промежуточных культур [2–4], который выполняет важные экологические и социально-экономические функции [5–7].

Во-первых, данный мульчирующий слой способствует защите почв от проявлений водной и ветровой эрозии. Стерня и мульча создают необходимую защиту

от ветра, капель дождя и прямых солнечных лучей, повышают впитывание влаги в почву и значительно сокращают поверхностный сток, сохраняя при этом водопрочную зернистую структуру. По мнению энтузиаста no-till чилийского фермера К. Кроветто [8], ежегодно на полях необходимо оставлять до 10 т/га растительных остатков от разных культур, что позволяет при применении no-till снизить эрозию в 8–10 раз, а при безотвальной обработке при выпадении осадков ливневого характера смыв почвы снижается в 1,7 раза [9].

Во-вторых, мульчирующий слой, создаваемый при применении почвозащитных технологий, обуславливает повышение почвенного плодородия за счёт «переработки» растительных остатков почвенной микрофлорой. Активное разложение органики способствует накоплению подвижного фосфора и обменного калия. Происходит повышение содержания органического вещества в верхнем слое почвы (0–10 см) и замедление темпов минерализации гумуса, что особенно актуально на вовлечённых в пахотный оборот слабогумусных почвах. При этом обеспечивается синхронизация активности микроорганизмов, роста растений и поглощения элементов питания растений.

В-третьих, по мнению бразильского ученого А. Каллегари [10], применение no-till базируется на биоактивации взаимодействующих компонентов: растений – почвы – микроорганизмов, способствуя накоплению питательных веществ, большей эффективности применения удобрений, кроме того, повышается возможность увеличения поглощения воды в почве и биодоступность химических элементов (фосфора, калия, кальция).

К важнейшим функциям мульчирующего слоя также относятся:

- уменьшение деформации и уплотнения гумусового горизонта почв ходовыми системами тракторов и сельскохозяйственных машин;

- снижение выбросов парниковых газов. При вспашке освобождение CO_2 на 80% выше, чем при применении прямого посева;

- экономия ресурсов и энергии, что выражается в высоких показателях экономической эффективности, по сравнению с возделыванием сельскохозяйственных культур по традиционным технологиям (таблица).

Сокращение затрат энергии и труда на производство единицы продукции растениеводства и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур является одной из основных причин активного развития ресурсозащитных технологий в США, Аргентине и Бразилии.

Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур при разных технологиях (2000–2010 гг.)

Показатель	Традиционная технология	Ресурсосберегающие технологии	
		Минимальная обработка	Прямой посев
Стоимость продукции, руб.	4214,3	4244,9	4195,2
Производственные затраты, руб.	3475,0	3112,3	2975,1
Условный чистый доход, руб.	739,3	1132,6	1220,1
Уровень рентабельности, %	21,3	36,4	41,0

Источник: составлено автором по [11].

Среди пионеров почвозащитных технологий в первую очередь необходимо выделить И.Е. Овсинского, Н.М. Тулайкова, Э. Фолкнера, Т.С. Мальцева, А.И. Бараева, А.Н. Каштанова. С научных разработок этих исследователей начался поворот в земледелии в сторону активного развития научных основ устойчивого степного землепользования.

Несмотря на новаторство США по разработке и массовому внедрению начиная с 1940–1960-х гг. разнообразных природозащитных технологий, система no-till в настоящее время в Северной Америке не имеет широкого распространения. В начале XXI в. no-till в США применяется лишь на 17% посевной площади [12]. Лидерами по применению no-till являются фермеры Аргентины (80%), Австралии (70%), Парагвая (60%), Бразилии (45%). В Бразилии, например, где метод no-till применяется с начала 1970-х гг., технология no-till используется на 22 млн га, и ещё 33 млн га занято промежуточными культурами [10].

В России, при крайне осторожном принятии технологии no-till, продолжают работы по испытанию нулевой обработки в разных почвенно-климатических условиях: в Почвенном институте им. В.В. Докучаева (В.И. Кирюшин и др.), Донском ГАУ (Н.А. Зеленский и др.), Ставропольском НИИ сельского хозяйства (В.К. Дригидер и др.), ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии в Курске (И.Г. Пыхтин и др.).

На постсоветском пространстве довольно широко технология no-till применяется в Казахстане и Украине, позволяя дополнительно сберечь 50–60 мм полезной влаги в год и получать повышенные урожаи зерновых культур.

Развитие компьютерных технологий привело к созданию в конце XX в. в сельском хозяйстве принципиально нового направления – прецизионного (точного) земледелия, позволяющего управлять производственными процессами в сельском хозяйстве с целью оптимизации использования сырья и ресурсов.

Основное преимущество точного земледелия состоит в дифференциации технологического воздействия на отдельных участках поля с учётом внутриволевой гетерогенности (неоднородности рельефа, уровня плодородия почвы и развития деградиционных процессов, засорённости и заражённости болезнями и вредителями) [13].

Необходимо отметить, что, зародившись на североамериканском континенте в 1970-х гг., точное земледелие постепенно внедряется в практику работы фермерских хозяйств мира. Так, в настоящее время более 80% фермеров США используют в производстве зерновых культур элементы точного земледелия, в Бразилии этот показатель составляет 60%, а в России только 10–12%. Использование данных инновационных технологий обеспечивает снижение себестоимости зернового производства на 20–40% [14].

Во втором десятилетии XXI в. точное земледелие (precision farming) трансформировалось в цифровое земледелие (digital farming). Можно выделить несколько основных составляющих этого направления:

- применение полнофункциональных инструментальных геоинформационных систем (ГИС) – MapInfo, ArcGIS и других программ с использованием систем глобального навигационного позиционирования (GPS или ГЛОНАСС);

- использование автоматизированных систем параллельного вождения сельскохозяйственной техники по полю, что позволяет проводить все технологические операции с максимальной точностью, используя при этом навигационный сигнал. Улучшение логистики использования техники позволяет до 20% снизить количество используемых ресурсов (ГСМ, семян, удобрений), повысить производительность труда и качество выполняемой работы;

- реализация технологии дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений;

- использование материалов дистанционного зондирования (МДЗ) Земли, среди

которых самыми распространенными являются Landsat (США), SPOT (Франция);

– получение информации через наземные датчики, что в режиме реального времени позволяет, например, контролировать состояние посевов, уровень влажности почвы и другие важные параметры и оперативно реагировать на любые изменения;

– картирование почв с использованием ретроспективных материалов обследования и мониторинга почв, агрохимобследования почв с целью определения качественных характеристик (плодородия) почв, неоднородности почв, выявления деградационных процессов;

– мониторинг и картирование урожайности, с созданием электронных карт полей и ведением статистики по уборке урожая.

Благодаря применению таких инструментов, как сравнение электронных карт урожайности с другими тематическими картами (например, картой почвенного покрова, плодородия, концентрации NPK) с применением простых методов математического анализа (среднее значение, корреляция, стандартное отклонение, регрессия) или более сложных видов обработок (пространственное моделирование), устанавливаются лучшие решения по выращиванию сельскохозяйственной продукции.

Заключение

Сравнительный анализ научных исследований отечественных и зарубежных учёных по эволюции научных основ устойчивого степного землепользования на примере почвозащитных технологий показывает, что к настоящему времени в мировой практике используются несколько ресурсосберегающих технологий, в числе которых всё большее развитие получают минимальная и нулевая обработки почвы.

Необходимо отметить, что обработка почвы должна соответствовать всем обозначенным в настоящей статье позициям – быть высокопроизводительной, качественной, энергосберегающей, экономичной и высокоэффективной, почвозащитной, влагосберегающей, предотвращающей эрозию, агрофизическую и биологическую деградацию почв, способствующей накоплению и сохранению влаги в почве. Рост возможностей для адаптации ресурсосберегающих технологий к конкретным полям и участкам обеспечивают технологии «цифрового» земледелия, что открывает перед степным землепользованием новые перспективы

формирования экологически сбалансированных агроландшафтов.

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» № АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы

1. Черкасов Г.Н., Казанцев С.И. Ресурсосберегающие приемы в адаптивно-ландшафтном земледелии // Владимирский земледелец. 2013. № 3. С. 5–8.
2. Борин А.А., Лощинина А.Э. Перспективные технологии обработки почвы // Современные наукоемкие технологии. Региональные приложения. 2015. № 2 (42). С. 130–134.
3. Erenstein O., Sayre K., Wall P., Hellin J., Dixon J. Conservation agriculture in Maize and Wheat-Based systems in the (Sub) tropics: Lessons from adaptation initiatives in South Asia, Mexico and Southern Africa. Journal of sustainable agriculture. 2012. Vol. 36. Iss. 2. P. 108–206. DOI: 10.1080/104440046.2011.620230.
4. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Возможность применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах // Земледелие. 2014. № 5. С. 13–16.
5. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б., Плотников В.А. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Земледелие. 2016. № 6. С. 16–19.
6. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 5–8.
7. Гулянов Ю.А. Стратегии новационного землепользования и роль природоподобных агротехнологий в экологической оптимизации степных ландшафтов // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2019. Т. 148. С. 50–59.
8. Кроветто К. No-till. Взаимосвязь между no-till, растительными остатками, питанием растений и почвы. Днепропетровск: АГРО-Союз, 2007. 235 с.
9. Kirkby M.J., Morgan R.P.C. Soil erosion. Chichester, New York: John Wiley & Sons, 1980. 312 p.
10. Каллегари А. Устойчивое сельское хозяйство базируется на технологии No-till // Ресурсосберегающее земледелие. 2021. № 1 (49). [Электронный ресурс]. URL: <https://agriecommission.com/base/ademir-kallegari-ustoichivoe-selskoe-hozyaistvo-baziruetsya-na-tehnologii-no-till> (дата обращения: 15.11.2021).
11. Горянин О.И., Шевченко С.Н. Эффективность технологий прямого посева зерновых культур в Среднем Поволжье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 36–39.
12. Дерги Р. Так что же было раньше: обработка или «ноль»? // Зерно. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://agrotechnology.com/no-till/teoriya/tak-chto-zhe-bylo-ranshe-obrabotka-ili-nol> (дата обращения: 09.11.2021).
13. Гулянов Ю.А., Чибилев А.А. Перспективы интеграции «цифрового землепользования» в ландшафтно-адаптивном земледелии степной зоны // Проблемы региональной экологии. 2019. № 2. С. 32–37.
14. Петухова М.С. Долгосрочное прогнозирование научно-технологического развития зернового производства России: дис. ... докт. экон. наук. Новосибирск, 2021. 244 с.