

УДК 631.5

РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИДЕЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ПОЧВОЗАЩИТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ: ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Грошева О.А.

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение ОФИЦ УрО РАН, Оренбург, e-mail: Groshev06@yandex.ru

В статье анализируется сложная эволюция теоретических идей и практических приемов основной обработки почвы под посев сельскохозяйственных культур с конца XVIII века до наших дней. Мировая практика показывает, что ученые-агрономы искали пути решения задачи обеспечения человечества продовольствием при условии нанесения природе минимального ущерба. Совершенствованием земледельческих технологий в России занимались ученые агрономы, почвоведы: А.Т. Болотов, И.А. Советов, В.В. Докучаев, П.А. Костычев, И.А. Стебут, В.Р. Вильямс, Н.М. Тулайков и многие другие. Революционный прорыв в земледелии связан с разработкой и применением на практике вспашки без оборота пласта. Пионером этого приема почвозащитной системы земледелия стал отечественный агроном И.Е. Овсинский. В дальнейшем работы по безотвальному рыхлению почвы были продолжены в США Э. Фолкнером, в России – Т.С. Мальцевым, А.И. Бараевым, А.И. Каштановым, В.И. Кирюшиным и др. Компоненты природосберегающего земледелия после катастрофических пыльных бурь на Великих равнинах североамериканского континента были детально изучены и внедрены в практику основной обработки почв пахотных угодий США, Канады, а с середины 90-х годов XX столетия успешно применялись в фермерских хозяйствах Аргентины, Бразилии, Перу, Австралии. В России процесс внедрения технологий mini-till и no-till идет более низкими темпами, чем за рубежом. Современные тенденции развития новых агротехнологий в мире связаны со снижением затрат энергии и труда на производство единицы продукции, уменьшением потерь влаги, гумуса и питательных веществ, увеличением микробиологической активности верхнего слоя почвы и повышением урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: почвозащитная система земледелия, И. Овсинский, Э. Фолкнер, минимальная обработка почвы, мировой опыт

DEVELOPMENT OF THEORETICAL IDEAS AND PRACTICAL METHODS OF SOIL-PROTECTIVE AGRICULTURE: DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE

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 analyzes the complex evolution of theoretical ideas and practical methods of basic tillage for sowing agricultural crops from the end of the 18th century to the present day. World practice shows that agricultural scientists were looking for ways to solve the problem of providing mankind with food, subject to causing minimal damage to nature. The improvement of agricultural technologies in Russia was carried out by scientists agronomists, soil scientists: A.T. Bolotov, I.A. Soviets, V.V. Dokuchaev, P.A. Kostychev, I.A. Stebut, V.R. Williams, N.M. Tulaykov and many others. A revolutionary breakthrough in agriculture is associated with the development and practical application of plowing without seam turnover. The pioneer of this method of soil protection system of agriculture was the Russian agronomist I.E. Ovsinsky. Subsequently, work on loosening the soil without moldboard was continued in the USA by E. Faulkner, in Russia – by T.S. Maltsev, A.I. Baraev, A.I. Kashtanov, V.I. Kiryushin et al. After catastrophic dust storms in the Great Plains of the North American continent, the components of conservation agriculture were studied in detail and introduced into the practice of basic soil cultivation on arable lands in the USA and Canada, and since the mid-90s of the 20th century they have been successfully used in farms in Argentina and Brazil. Peru, Australia. In Russia, the process of introducing mini-till and no-till technologies is proceeding at a slower pace than abroad. Modern trends in the development of new agricultural technologies in the world are associated with a decrease in energy and labor costs for the production of a unit of production, a decrease in the loss of moisture, humus and nutrients, an increase in the microbiological activity of the upper soil layer and an increase in crop yields.

Keywords: soil protection system of agriculture, I. Ovsinsky, E. Faulkner, minimal tillage, world experience

Ресурсосбережение в настоящее время является одним из приоритетных направлений в развитии и функционировании всех отраслей современного сельскохозяйственного производства. В мировой практике земледелия уже не первое десятилетие разрабатываются и применяются различные почвозащитные приемы обработки почвы при возделывании и уборке сельскохоз-

ственных культур, однако до сих пор не создано универсальных технологий. Каждая из технологий (традиционная, минимальная, нулевая обработки и их комбинации) должна быть апробирована и адаптирована к местным региональным почвенно-климатическим условиям и биологическим особенностям, с включением мероприятий по защите природы.

Целью исследования является выявление особенностей эволюционного развития теории и практики отечественного и зарубежного почвозащитного земледелия.

Материалы и методы исследования

В качестве материала для исследования были использованы опубликованные научные работы отечественных и зарубежных естествоиспытателей, почвоведов, агрономов XIX–XX вв., а также современные источники, посвященные развитию приёмов и методов почвозащитного земледелия. Основой для анализа стали труды российских и американских учёных и практиков. Анализ развития теоретических идей и практических приёмов почвозащитного земледелия проведён на основе сравнительно-исторического метода.

Результаты исследования и их обсуждение

История развития земледелия – это эволюционный процесс поиска решения главной проблемы человечества – обеспечение продовольствием. На протяжении столетий учёные-новаторы, энтузиасты, практики постоянно занимались усовершенствованием отвальной, безотвальной, минимальной и нулевой обработки под выращивание сельскохозяйственных культур. Однако развитие аграрных технологий не обеспечивало потребностей населения в продуктах питания. К началу XVIII века выход был найден. Британская сельскохозяйственная революция, на фоне развития капиталистических отношений, обеспечила к 1700–1870 годам прирост сельскохозяйственного производства в 2,7 раза.

Дальнейшее развитие европейской земледельческой традиции (Англия, Германия, Голландия) шло по пути совершенствования технологий использования отвального плуга с предплужником с последующим применением многократных обработок почвы. Усовершенствование конструкции плуга и введение других сельскохозяйственных орудий (сеялок) позволило на рубеже XVIII–XIX вв. получать стабильные урожаи и обеспечивать продовольствием население городов, тем самым поддерживая высокие темпы развития капиталистических отношений в ведущих странах Европы. Далее эта система земледелия была экспортирована «белыми» переселенцами на просторы Америки, Азии и Африки и также применялась российскими крестьянами для распашки степных пространств Украины, Поволжья, Сибири.

В целом эта система земледелия была трудо- и энергозатратна, но она оказалась идеальной для распашки целинных земель и позволяла получать максимальные урожаи в первые годы освоения земельного участка. При истощении участков русские крестьяне переходили на новые целинные площади, постепенно продвигаясь на юг и восток.

Несмотря на разработанные первыми отечественными учёными-агрономами – А.Т. Болотовым, М.И. Афониним, И.М. Комовым, М.Г. Павловым, М.Е. Ливановым В.А. Левшиным, В.Я. Ломиковским, Д.М. Полторацким, И.И. Самариним – практические рекомендации по внедрению ресурсосберегающих систем земледелия, прогресс в сельскохозяйственном производстве России «приживался» очень низкими темпами. Техническая отсталость крестьянских хозяйств, консервативность мышления не позволяли в полной мере использовать достижения науки того времени.

Сельское хозяйство России после отмены крепостного права и перевода сельскохозяйственного производства на капиталистические «рельсы» продолжало развиваться по экстенсивному пути за счёт увеличения площадей, хищнического отношения крестьян-переселенцев к земле и применения примитивных орудий обработки почвы. К этим факторам прибавились часто повторяющиеся засухи, что привело к экологическому кризису степной зоны конца XIX века: потере урожайности зерновых культур и почвенного плодородия, развитию эрозионных процессов и в конечном итоге к голоду в степных регионах России. Эти обстоятельства подталкивали к поиску нестандартных, новаторских решений по организации почвозащитного земледелия.

На рубеже XIX–XX веков целая плеяда отечественных учёных (А.В. Советов, В.В. Докучаев, И.А. Стебут, П.А. Костычев, Н.М. Тулайков, В.Р. Вильямс и др.) занималась разработкой мероприятий, направленных на преодоление экологического кризиса степного природопользования, вопросами рационального «вписывания» хозяйствования в окружающий ландшафт, сохранения почвенных ресурсов и совершенствования способов обработки почвы. Их теоретические идеи и практические предложения были апробированы на полях НИИСХ, опытных станций, передовых совхозов и колхозов и реализованы в сталинском плане преобразования природы (1948–1953 гг.).

Так, профессор Тимирязевской сельскохозяйственной академии И.А. Стебут отмечал важность решения вопросов сохранения влаги в поверхностном слое почвы и необходимость поверхностного рыхления почвы для степных регионов России. Н.М. Тулайков разработал для Поволжья комплекс агротехнических мероприятий, включающий замену отвальной вспашки дискованием, с дальнейшим использованием стерни для снегозадержания, внесение органических, минеральных и зеленых удобрений, выведение засухоустойчивых сортов.

Необходимо отметить, что в это время в США на государственном уровне (Мичиганской земельной экономической службой) предпринимались первые попытки апробации ландшафтного и экономического подходов к организации землепользования. Отличительной особенностью этого подхода был междисциплинарный характер оценки, инвентаризации и прогнозирования землепользования, основанный на представлении об однородных территориальных ассоциациях с одинаковыми природными условиями. Проводился поиск корреляционных зависимостей между экономическими характеристиками и типами природных районов.

Основоположителем почвозащитной системы земледелия стал отечественный учёный-агроном И.Е. Овсинский, разработавший в конце XIX столетия новаторский подход к обработке почвы. Иван Евгеньевич обрабатывал почву на ножевом культиваторе собственной конструкции на глубину не более 5–7 см, что позволяло получать высокие урожаи пшеницы в условиях засухи, сохраняя при этом почвенное плодородие. Автор «новой системы земледелия» считал, что в создаваемом рыхлом поверхностном слое уничтожаются сорные растения, хорошо сохраняется влага в почве, происходит «биологическое саморыхление, обусловленное повышением биогенности почвы, развитием мезофауны» [1]. Его книга «Новая система земледелия», изданная в 1899 году, переиздавалась трижды (1902, 1905, 1909). К сожалению, почвозащитная система земледелия Ивана Евгеньевича Овсинского не получила распространения в России. Применяясь на полях степной Украины, система Овсинского была возрождена позднее эмигрировавшими в Канаду и США крестьянами.

В СССР, так же как и во всем мире, велся поиск технологий обработки почвы, позволявших получать стабильные урожаи и за-

щищать почву от эрозии. В начале 30-х годов XX в. на государственном уровне была принята травопольная система земледелия. Теоретические основы её применения были заложены В.Р. Вильямсом и заключались в создании зернистой мелкокомковатой водопроходной структуры в верхнем корнеобитаемом горизонте почвы за счёт посева бобовых и злаковых трав. Глубокая зяблевая отвальная вспашка перемещала нижний слой с восстановленной структурой на поверхность, а бесструктурный, верхний, с растительными остатками – на дно борозды [2]. Повсеместное шаблонное применение основной обработки почвы, которая состояла из лущения стерни и последующей вспашки, помноженное на внедрение тракторов и сельскохозяйственных орудий к ним, особенно в степных регионах страны, отрицательно сказалось на почвенном плодородии.

С резкой критикой применения травопольной системы земледелия выступали академики Д.Н. Прянишников, К.К. Гедройц и создатель системы «сухого земледелия» Н.М. Тулайков. Основатель агрохимии – Д.Н. Прянишников, в частности, критиковал В.Р. Вильямса за отказ от применения в травопольной системе минеральных удобрений. Николай Максимович Тулайков, основательно проанализировав учение В.Р. Вильямса, в категоричной форме требовал отказаться от универсальных приёмов в полеводстве и тщательно учитывать местные факторы.

В дальнейшем мощным импульсом для активизации теоретических и практических работ по созданию отечественного почвозащитного земледелия стали негативные последствия применения единой системы земледелия на огромном пространстве страны (паровая, травопольная, пропашная), а также крупномасштабного освоения целинных и залежных земель в Северном Казахстане, Южном Урале, Западной Сибири в 1954–1969 гг. (всего было распахано 42 млн га). Ветровая эрозия почв, разразившаяся в этих регионах в конце 50-х – начале 60-х годов XX века (особенно сильные пыльные бури отмечались в 1960, 1965, 1969 гг.), заставила учёных и практиков по-новому взглянуть на применявшиеся системы земледелия (травопольную и пропашную) и начать активную разработку почвозащитных систем на принципиально новой научно-технической основе.

Глобальное экологическое бедствие удалось предотвратить благодаря почвозащит-

ной системе земледелия, разработанной, апробированной и внедренной в производство академиком А.И. Бараевым и представителями его научной школы. Теоретической основой почвозащитной системы послужили идеи и практический опыт канадских фермеров и полевода-новатора Т.С. Мальцева. Терентий Семёнович предлагал заменить отвальную вспашку поверхностной обработкой почвы лушильниками на 7–8 см, а для разрушения уплотненного слоя периодически (1 раз в 4–5 лет) проводить глубокое безотвальное рыхление на глубину 35–40 см [3].

Основным принципом почвозащитной системы Мальцева – Бараева является не оборот пласта, а лишь разноглубинное рыхление с оставлением на поверхности почвы большей части стерни (до 70–80%), обязательное снегозадержание, оптимально поздние сроки посева зерновых культур, полосное размещение сельскохозяйственных культур. Появление данной системы земледелия сопровождалось созданием целого комплекса противоэрозионных машин: плоскорезов-глубокорыхлителей, противоэрозионных культиваторов, стерневых сеялок, игольчатых борон [4]. Важным элементом было внедрение 3–5-летних зернопаровых севооборотов короткой ротации вместо 8–10-летних зернотравянопропашных длинной ротации.

Бараевская почвозащитная система земледелия получила широкое распространение на Украине, в Северном Казахстане, на Алтае, в Сибири, на Южном Урале, в Поволжье и других регионах страны на площади более 50 млн га. Это дало мощный толчок для развития системного подхода к решению экологических проблем земледелия, позволило уйти от шаблонов в обработке почвы и возделывании сельскохозяйственных культур, заложило основы формирования зональных, а позднее – адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

В 70-х годах XX века в отечественном научном земледелии появились новые оригинальные направления: контурно-мелиоративные, ландшафтно-адаптивные зональные системы земледелия склоновых земель Алтая (А.Н. Каштанов), Поволжья (А.И. Шабаев), Центрально-Черноземной зоны (О.Г. Котлярова, В.И. Кирюшин), Северного Кавказа (Е.И. Полуэктов), Украины (Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикун, В.Ф. Сайко, А.С. Скородумов, С.С. Антоненко), Молдавии (М.Н. Заславский) и других регионов с рас-

члененным рельефом и активным проявлением водной эрозии.

Вопросы «сберегающего земледелия» не менее глубоко и детально изучаются в зарубежных странах, особенно в США и Канаде. Начало этим исследованиям, а также оставление на полях стерни и мульчи, применение чизельного плуга было положено на Великих равнинах США в 30-х годах XX века после появления катастрофических пыльных бурь.

Американские фермеры и учёные, учитывая опыты обработки почвы дисковыми орудиями пропагандиста почвоохранного земледелия, фермера из штата Огайо Эдварда Фолкнера [5], приходят к выводу, что глубокая вспашка с тщательным предпосевным рыхлением губительна для агрозоны засушливых прерий. Создание в почве аэробных условий при вспашке вызывает негативные последствия в засушливой зоне, повышенная аэрация ускоряет разложение гумуса. Многочисленные обработки способствуют потере почвой водопроходной структуры. Постепенно фермеры США и Канады стали применять почвозащитную обработку, включающую рыхление почвы на глубину 12–25 см без оборачивания пласта с оставлением на поверхности стерни и соломенной мульчи и внесение в корнеобитаемый слой минеральных удобрений.

Со второй половины XX века американские исследователи активно изучают роль мульчи, посев в стерню и мульчирующую обработку (технология *mulch-till*) [6]. Подтвердив положительную роль стерни в увеличении урожая, учёные разрабатывают технологические приёмы полосной механической обработки стерневого фона и посева семян в обработанные полосы (технология *strip-till*) и гребни (технология *reduced-till*). Постоянная мелкая обработка почвы, как и прямой посев, как показывает практика, образуют непроницаемые барьеры для развития корневой системы, т.к. корни располагаются в верхних (до 30–40 см) слоях почвы. С целью формирования условий для проникновения корневой системы в более глубокие слои почвы необходимо проводить чизелевание, щелевание или глубокое рыхление под гребнем (рядком) возделываемой культуры.

При этом современными исследованиями установлено, что минимальные обработки способствуют созданию устойчивого структурно-агрегатного состава почвы, увеличению накоплению влаги и количества почвенной биоты в верхнем продуктив-

ном слое почвы, снижению интенсивности минерализации гумуса и потери такого важного элемента питания растений, как азот, т.е. обеспечивают ресурсосбережение, приближая процессы, происходящие в верхнем гумусовом горизонте, к природным [7].

В 90-х годах XX столетия широкое распространение в мировой практике (особенно в Аргентине, Бразилии, Австралии) получили приёмы нулевой обработки почвы (no-till). Перспективы этой системы земледелия научное сообщество связывает, в первую очередь, с созданием со временем достаточно «мощного» мульчирующего слоя из растительных остатков предшественников, что значительно уменьшает испарение влаги из почвы при активной весенней инсоляции, особенно в засушливых регионах страны, снижает интенсивность процессов минерализации гумуса, защищает от проявлений водной и ветровой эрозии, при этом повышаются биологическая активность почв и темпы прироста органического вещества, уменьшается эмиссия парниковых газов (особенно CO₂), увеличивается урожайность сельскохозяйственных культур [8–10].

Повышенный интерес аграриев США, Канады, Аргентины, Бразилии и Австралии к применению минимальных и нулевых обработок обусловлен уменьшением затрат энергии и труда, экономией времени на операциях и увеличением урожайности [11]. Этот опыт был быстро распространён на южноамериканских полях и позволил получать фермерам Аргентины и Бразилии стабильные урожаи.

Многолетние исследования американских учёных показывают, что практика нулевой обработки восстанавливает и защищает здоровье почвы и считается важной для достижения устойчивости сельского хозяйства [12]. При этом отмечается необходимость сочетания комплексного севооборота с нулевой обработкой почвы для снижения всхожести сорняков, увеличения пористости почвы, улучшения круговорота питательных веществ и восстановления почвенного плодородия. Этот процесс организации почвозащитного земледелия схож с творчеством или искусством и должен постоянно совершенствоваться [11].

Важным преимуществом минимальной и нулевой обработок почвы в настоящее время является проведение их комбинированными агрегатами, которые позволяют осуществлять одновременное лушение и безотвальное рыхление, прикатывание, выравнивание поверхности почвы, а так-

же тщательную разделку посевного слоя и качественное смешивание растительных остатков с почвой, сокращение затрат времени для подготовки почвы под посев зерновых культур. В современных условиях при широком использовании комбинированных агрегатов важным преимуществом земледельца будет применение «точного земледелия», которое заключается в дифференциации технологического воздействия на отдельных участках поля с учётом внутривидовой гетерогенности [13].

Среди недостатков минимальных обработок и прямого посева американские исследователи [14], аналогично российским [15], выделяют резкое увеличение засорённости посевов, повышенное поражение растений болезнями и вредителями, необходимость внесения достаточных доз элементов питания растений (NPK), снижение интенсивности процессов минерализации азота, а также увеличение опасности загрязнения среды.

Необходимо отметить, что отличительной особенностью решения вопроса внедрения почвозащитных систем в США от аналогичных технологических решений учёных-аграриев в России является более высокая степень внедрения достижений американской науки в производство. Подтверждением этому является то, что уже в 1980-е годы в США площади под минимальную систему обработки почвы возросли с 21,2 до 32,9 млн га, нулевую – находились на уровне 2,9–3,0 млн га. К 2017 г. под no-till в США было занято 23,74 млн га, в Бразилии – 21,9 млн га, в Аргентине – 16,0 млн га, а в России – менее 1,0 млн га.

Российская академическая и отраслевая наука, аграрии весьма осторожно относятся к использованию нулевой обработки почвы, т.к. она не подтверждает заявленных преимуществ [7]. Поэтому предлагается использовать её как отдельный способ в рамках комбинированной системы обработки почвы. В целом проблема применения минимальной обработки почвы и прямого посева на фоне острых научных дискуссий требует серьёзной проработки по всем позициям, начиная от плотности и структурного состояния почв, решения проблемы обеспечения сельскохозяйственных растений минеральными удобрениями и до уровня пестицидной нагрузки на почвенный и растительный покров.

Заключение

Сравнительный анализ развития научных исследований отечественных и зарубежных

учёных (на примере США и Канады) по развитию теории и практики традиционного и почвозащитного земледелия показал наличие ряда одинаковых и отличительных черт. Основным схожим признаком является то, что активизация исследований и качественные «скачки» в применении почвозащитных технологий наблюдались после крупных экологических кризисов в природопользовании засушливых регионов этих стран. Главное различие видится в том, что в России раньше появилась идея минимальной обработки почвы (Овсинский), а в США наблюдаются более высокие темпы апробации и внедрения новых технологий, повышенный уровень технического оснащения сельскохозяйственного производства, заинтересованность государства в реализации научно-технических разработок по внедрению no-till.

Несмотря на широкое распространение в Аргентине, Бразилии, США, технология no-till крайне осторожно принята аграриями России. Среди причин слабого распространения нулевой обработки почвы в России – консерватизм и отсутствие опыта у сельхозпроизводителей, слабая интеграция между научно-исследовательскими институтами и вузами, с одной стороны, и сельскохозяйственными предприятиями и фермерами – с другой.

Что целесообразнее – отвальная или ресурсосберегающая обработка почвы, как составить схему севооборота, какие удобрения и средства защиты растений применять, чтобы получить максимальный урожай выращиваемых сельскохозяйственных культур и нанести минимальный ущерб природной среде – все эти вопросы надо решать на каждом конкретном поле. Развитие устойчивого степного землепользования в мире определяется рядом основополагающих принципов: ресурсо- и энергосбережением, экономичностью и высокой эффективностью, повышением плодородия почв и сохранением экологических функций в биосфере.

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН № АААА-А21-121011190016-1.

Список литературы / References

1. Овсинский И.Е. Новая система земледелия. Киев-Харьков, 1899. 138 с.
Ovinsky I.E. New farming system. Kiev-Har'kov, 1899. 138 p. (in Russian).
2. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. М.: ОГИЗ Сельхозгиз, 1938. 447 с.
Williams V.R. Soil Science. Farming with the basics of soil science. M.: OGIZ Sel'hozgiz, 1938. 447 p. (in Russian).
3. Мальцев Т.С. Вопросы земледелия. М.: Колос, 1971. 391 с.
Maltsev T.S. Agriculture issues. M.: Kolos, 1971. 391 p. (in Russian).
4. Бараев А.И. Теоретические основы почвозащитного земледелия. М.: Колос, 1975. 304 с.
Baraev A.I. Theoretical foundations of soil conservation agriculture. M.: Kolos, 1975. 304 p. (in Russian).
5. Фолкнер Э.Х. Безумие пахаря. М.: Госиздат с.-х. литературы, 1959. 276 с.
Faulkner E.H. The plowman's madness. M.: Gosizdat s.-h. literary, 1959. 276 p. (in Russian).
6. Ranaivoson L., Naudin K., Affholder F., Rabeharisoa L., Corbeels M. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture. *Agronomy for sustainable development*. 2017. Vol. 37. Is. 4. P. 26–30.
7. 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.
Pykhtin I.G., Gostev A.V., Nitchenko L.B., Plotnikov V.A. Theoretical foundations of the effective use of modern resource-saving technologies for the cultivation of grain crops // *Zemlede-lie*. 2016. № 6. P. 16–19 (in Russian).
8. Сулейменов М.К. Сберегающее плодосменное земледелие Северного Казахстана // *Новости науки Казахстана*. 2013. Вып. 4 (118). С. 9–27.
Sulemeinov M.K. Saving fruit-changing agriculture in Northern Kazakhstan // *Novosti nauki Kazahstana*. 2013. Vyp. 4 (118). P. 9–27 (in Russian).
9. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Спиридонов Ю.Я., Торопова Е.Ю., Филипчук О.Д. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) // *Агрохимия*. 2019. № 5. С. 3–20.
Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Spiridonov Yu.Ya., Topopova E.Yu., Filipchuk O.D. Technological features of conservation agriculture (in the development of the FAO concept) // *Agrohimiya*. 2019. № 5. P. 3–20 (in Russian).
10. Андреева О.В., Лобковский В.А., Куст Г.С., Зонн И.С. Современное состояние концепции и разработка типологии моделей устойчивого землепользования // *Аридные экосистемы*. 2021. Т. 27. № 1 (86). С. 3–14.
Andreeva O.V., Lobkovsky V.A., Kust G.S., Zonn I.S. The current state of the concept and development of a typology of sustainable land use models // *Aridnye ekosistemy*. 2021. T. 27. № 1 (86). P. 3–14 (in Russian).
11. Fridrich T., Kassam A., Derpsch R., Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture. *Field actions science reports*. 2012. Special Is. 6. P. 1–7.
12. Anderson R.L. Integrating a complex rotation with no-till improves weed management in organic farming. *A review. Agronomy for sustainable development*. 2015. Vol. 25. Is. 3. P. 967–974.
13. Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А. Перспективы интеграции «цифрового землепользования» в ландшафтно-адаптивное земледелие степной зоны // *Проблемы региональной экологии*. 2019. № 2. С. 32–37.
Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Prospects for the integration of «Digital Land Use» in the landscape-adaptive farming of the steppe zone. *Problemy regional'noj ekologii*. 2019. № 2. P. 32–37 (in Russian).
14. Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B.L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*. 2011. Vol. 108. Is. 50. P. 20260–20264.
15. Кирышин В.И. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) // *Достижения науки и техники АПК*. 2012. № 12. С. 3–9.
Kiryushin V.I. The problem of greening agriculture in Russia (Belgorod model) // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2012. № 12. P. 3–9 (in Russian).