

УДК 631.4

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

### АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В СОХРАНЕНИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

<sup>1,2</sup> Белоусов Сергей Витальевич  
канд. техн. наук, доцент, М.Н.С. отдела механизации растениеводства

Author ID: 714080

SPIN – код: 6847-7933

ORCID ID: 0000-0002-8874-9862

Scopus ID: 57190008405

Researcher ID: Q-1037-2017

sergey\_belousov\_87@mail.ru

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

<sup>2</sup> «АНЦ «ДОНСКОЙ», Зерноград, Россия

В работе освещаются вопросы связанные с агротехнологическими приемами удержания углерода в почве. Рассматриваются приемы влияния механического воздействия на почву для его закрытия в почве. Рассмотрены вопросы и обозначены проблемы углеродного задержания значение и влияние углерода на урожайность сельскохозяйственных культур обозначена цель работы. Рассмотрены более подробно рассмотрены вопросы углерода задержания и секвестрации в почвенном слое согласно процессу связанному с естественным разложением биологической не зерновой части, а также важность мульчирующего слоя и процессы его формирования. Целью нашей работы является агротехнологическое ресурсосбережение при выращивании сельскохозяйственных культур, почвенное задержание углерода путем использования рациональных систем земледелия при использовании агротехнологических приемов. Согласно анализу обработанного материала, выявлено, что существует актуальность сохранения углерода в почвенном слое. Также приведены перспективные конструкции устройств которые способствуют ресурсосберегающему воздействию на почвенный слой, и рассмотрен технологический процесс их работы. Приводятся промежуточные результаты, достигнутые к настоящему времени, а также обозначены пути реализации данного научного направления

Ключевые слова: УГЛЕРОД, СЕКВЕСТРАЦИЯ, АГРОТЕХНОЛОГИЯ, ПОЧВА, НАКОПЛЕНИЕ, ЭФФЕКТ, СИМБИОЗ, ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ, СОРНЯКИ, БОЛЕЗНИ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, СИСТЕМА

UDC 631.4

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

### AGROTECHNOLOGICAL SYSTEMS OF AGRICULTURE IN THE PRESERVATION OF SOIL FERTILITY

<sup>1,2</sup> Belousov Sergey Vitalievich

Candidate in Engineering, associate professor, Junior Researcher of the Department of Crop Mechanization

Author ID: 714080

RSCI SPIN – code: 6847-7933

ORCID ID: 0000-0002-8874-9862

Scopus ID: 57190008405

Researcher ID: Q-1037-2017

sergey\_belousov\_87@mail.ru

<sup>1</sup>FSBEI HE Kuban SAU, Krasnodar, Russia

<sup>2</sup> «ANC «DONSKOY», Zernograd, Russia

The article highlights issues related to agrotechnological methods of carbon retention in the soil. Techniques of the influence of mechanical action on the soil for its closure in the soil are considered. The article presents issues and identifies the problems of carbon retention. The significance and influence of carbon on crop yields is indicated as well as the purpose of the work. The issues of carbon retention and sequestration in the soil layer are considered in more detail according to the process associated with the natural decomposition of the biological non-grain part, as well as the importance of the mulching layer and the processes of its formation. The purpose of our work is agrotechnological resource conservation in the cultivation of agricultural crops, soil carbon retention through the use of rational farming systems using agrotechnological techniques. According to the analysis of the processed material, it was revealed that there is an urgency of carbon conservation in the soil layer. Also, we present promising designs of devices that contribute to resource-saving effects on the soil layer and consider the technological process of their operation. The article gives intermediate results achieved so far, as well as it outlines the ways of implementing this scientific direction

Keywords: CARBON, SEQUESTRATION, AGROTECHNOLOGY, SOIL, ACCUMULATION, EFFECT, SYMBIOSIS, CULTIVATION TECHNOLOGY, WEEDS, DISEASES, RESOURCE CONSERVATION, FARMING SYSTEM

ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-187-003>

**Введение.** В настоящее время достаточно сложно выявить главную задачу обработки почвы как минимум их две, и зачастую они противоположны друг другу.

Во первых целью обработки почвы является естественное уничтожение сорняков и болезней, как известно от сорной растительности и болезней в настоящее время идет потеря от 5-8% урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому обработка почвы с оборотом пласта является фактически единственным методом борьбы с сорной растительностью и болезнями.

Во вторых обработка почвы должна создавать такие условия для произрастания культурных растений, при которых была бы возможность сохранения большего количества питательных веществ, влаги, полезных микроорганизмов и не препятствовать процессам секвестрации. Также сюда можно отнести уже привычную в последние годы применение не зерновой части урожая, которая остаётся в поле для подкормки, а также использования ее в качестве естественного удобрения. Это позволяет в процессе обработки создать качественный мульчирующий слой, который будет накапливать полезные вещества. Также в данном процессе необходимо учитывать, что при использовании удобрений которые имеют накопительный эффект минеральные вещества находящиеся в почве из не растворимого состояния переходят в фазу пригодного для поглощения их корневой системой культурных растений. Главный естественный фактор это то, что у качественно и вовремя обработанной почвы имеется возможность поглощать полезные вещества из атмосферы [1].

Целью нашей работы является агротехнологическое ресурсосбережение при выращивании сельскохозяйственных культур,

<http://ej.kubagro.ru/2023/03/pdf/03.pdf>

почвенное задержание углерода путем использования рациональных систем земледелия при использовании агротехнологических приемов.

В последние годы разрыв науки и системы земледелия нанесли огромный урон почвенному слою. В настоящее время стоит вопрос разработки системы земледелия, для восстановления естественного почвенного плодородия, так как накопление углерода в почве естественным образом происходит крайне долго.

**Материалы и методы.** Рассмотрим более подробно вопросы углерода задержания - секвестрации в почвенном слое. Благодаря естественному разложению биологической не зерновой части урожая выделяется углекислый газ  $\text{CO}_2$ , казалось бы это вредная часть которая попадает в атмосферу. Однако как показывают исследования последних лет, крайне не большая часть углерода задерживается в почвенном слое. Углерод – это естественный источник строительного материала для всего живого на земле. Базисным моментом выращивания сельскохозяйственных культур в целом, началом развития растения является почва, но без участия атмосферы и полезных микроорганизмов в ней ничего не будет развиваться и жизнь микроорганизмов и развитие растений не произойдет. Атмосфера оказывает главное влияние на развитие растения, через листья (фотосинтез) она питает их углекислым газом, который является строительным материалом и одним из важных факторов для синтеза микроэлементов находящихся в почве. Это очень важный фактор с точки зрения взаимодействия химических и физических процессов, именно на это необходимо сделать упор для выбора типа обработки почвы.

Как было отмечено атмосфера обеспечивает почву различными питательными веществами и влагой. Если рассмотреть почву с точки зрения физического состояния, то можно сделать вывод, что она своей структурой с одной стороны напоминает губку, а с другой стороны однородную среду. Поэтому почва имеет возможность поглощать

вещества находящиеся в атмосфере, и тем самым, естественным образом восстанавливать свое плодородие. При этом стимулируя вещества, которые находятся в связанном состоянии в структуре самой почвы. В данном случае вещества в атмосфере, выступают в качестве катализатора, возбуждая в почве физические и химические процессы, провоцируя в первую очередь высвобождения связанного углерода. Также стоит отметить, что эти же вещества способствуют естественному разложению не зерновой части урожая.

Что же касается вопросов, когда почву рассматривают как сплошную среду, это тогда когда изучают процессы движения рабочих органов почвообрабатывающих машин. Однако именно процесс, на который направлены рабочие органы, это перемешивание, разрушение почвенного слоя способствуют сохранению плодородия. Из науки известно, что если произойдет повышение на одну тонну углерода в почвенном плодородном слое, будет способствовать увеличению урожайности до 3-5% на 1 га.

Также стоит учитывать, что повышение содержания углерода в атмосфере будет увеличивать количество парниковых газов, а это в свою очередь будет вести к повышению средней температуры, что может пагубно сказаться на климате и как следствие не сельском хозяйстве. Как известно, количество углерода содержащегося в почве в разы больше чем углерода находящегося в растительности и не зерновой частях урожая.

**Результаты и их обсуждение.** Как следует, из обработанного материала, существует актуальность сохранения углерода в почвенном слое, и как показывают анализы литературных источников, одним из направлений является использование научно обоснованных агротехнологических приемов и при помощи рациональных способов земледелия. Существует мнение, что примерно 25% пахотных земель в мире страдают от потери углерода. Это приводит к образованию парниковых газов и как следствие к незначительному, но все же

повышению температуры в атмосфере. Углерод, который содержится в почве в основном в органических остатках, которые образуются от не зерновой части урожая, выводится из почвы из-за не рационального природопользования. Также известно, что почвы, которые содержат большее количество углерода, имеют большую продуктивность, а влага, которая удерживается в почве, способствует главным источником к естественной продуктивности почвы и как следствие увеличение урожайности сельскохозяйственных культур.

Также стоит учитывать, связка в совокупности «Севооборот – Агротехнология - Атмосфера» необходимо учитывать биологическую усталость почвенного плодородного слоя. Посев одинаковых культур в течение одного года на одном и том же месте влечет за собой ряд и отрицательных моментов, которые прямым образом влияют на урожайность. Это ведет к накоплению вредных организмов, болезней, и вредителей. Также стоит отметить, что разные растения поглощают из плодородного слоя разное количество микроэлементов. Необходимо учитывать и строение корневой системы. У одних растений корневая система развита таки образом, что поглощает вещества, например из нижнего плодородного слоя, а у других из верхнего, это также необходимо учитывать, при проведении вида обработки почвы под различные сельскохозяйственные культуры. Так же строение корневой системы имеет влияние на физическую структуру почвы, например корневая система кукурузы и подсолнечника в значительной степени естественным образом иссушает и разрушает верхний плодородный слой почвы, практически полностью выбирая все полезные вещества. Но в тоже время естественным образом уничтожаются практически все сорняки.

Что же можно сделать для сохранения углерода в почве? Одним из решающих факторов является внедрение ресурсосберегающих технологий и использование комбинированных между собой агротехнических приемов

возделывания продукции растениеводства. Это и рациональное использование различного рода удобрений, научно обоснованные севообороты, а также пересмотреть использование не зерновой части урожая, которая заделывается в почву, это позволит создать условия для поступления дополнительных веществ в мульчирующий слой почвы, а это в свою очередь, будет способствовать образованию почвенного углерода в плодородном слое.

Наиболее перспективным направлением является разработка рабочих органов для почвообработке и посева сельскохозяйственных культур. Как отмечается именно данное направление направлено на создание наиболее благоприятных условий для образования мульчирующего слоя толщиной до 12-15 см. Однако необходимо соблюдать баланс, который направлен на использование систем земледелия и научно обоснованных севооборотов.

Наиболее перспективными конструкциями считаются комбинированные почвообрабатывающие агрегаты. Использование дополнительных рабочих органов ДРО к существующим машинам и агрегатам. Данные разработки широко применяются и в комбинированных агрегатах [2, 3].

Наша работа проводится в соответствии с планом научных работ согласно Договора между ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ г. Краснодар и ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» г. Зерноград, а также в рамках научно-технического обмена с ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

По результатам анализа исследований научной литературы считается, что разработки Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» подразделение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», Пахомова В.И., Рыкова В.Б., Камбулова С.И. г. Зерноград и Белоусова С.В. Кубанский ГАУ г. Краснодар, являются наиболее перспективными и при использовании

различных вариаций рабочих органов были получены положительные результаты для их использования при возделывании сельскохозяйственных культур.

Так рабочие органы, показанные на рисунке 1 патент на полезную модель RU 191 882 U1, Белоусов С. В., Трубилин Е. И. Кубанский ГАУ показали положительный агротехнологический эффект при обработке тяжелых и пересушенных почв. Они обеспечивают послойное рыхление слоя почвы, а также при использовании в совокупности с отвальным плугом позволяют качественно перемешивать пожнивные остатки в процессе оборота пласта, это достигается путем улучшения устойчивости пахотного агрегата в процессе работы [4].

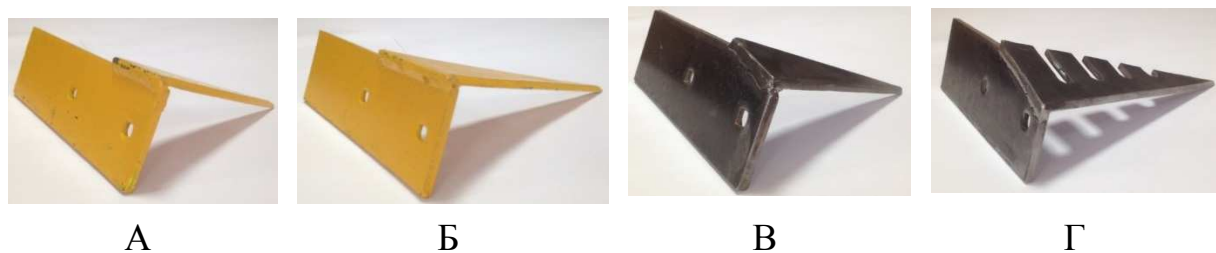
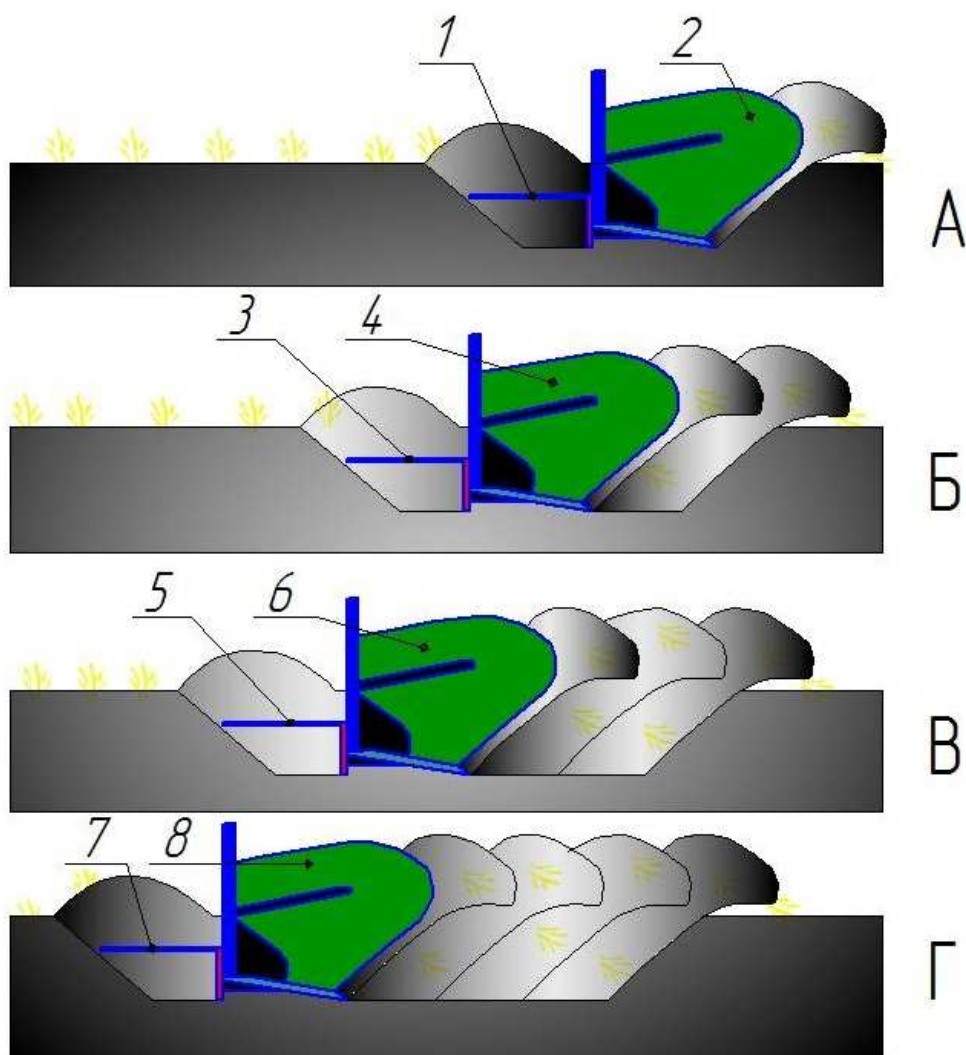


Рисунок 1 – Дополнительные рабочие органы к отвальному плугу для послойной обработки почвы (авторы канд. техн. наук, доцент Белоусов С.В., докт. техн. наук, профессор Трубилин Е.И., канд. техн. наук, профессор Сидоренко С.М.)

Стоит отдельно отметить, что рабочие органы на рисунке 1 (В, Г) имеют несколько лучшие технические и эксплуатационные характеристики так как они имеют дополнительный угол атаки, рабочий орган Г, имеет дополнительные прорезы, которые несколько снижают тяговое сопротивление, так как имеют меньшую площадь контакта с почвенным слоем, это сделано для того компенсировать усилие, которое необходимо для перемещения рабочего органа с дополнительным углом атаки [4, 5].

Более подробно описание конструкции и технологический процесс работы приведено в патенте на полезную модель RU 191 882 U1 «Корпус Плуга», а технологический процесс работы представлен на рисунке 2.



1, 3, 5, 7 – ДРО, 2 – Первый корпус отвального плуга; 4 – Второй корпус отвального плуга; 6 – Третий корпус отвального плуга; 8 - четвертый корпус отвального плуга.

Рисунок 2 – Схема предлагаемой технологии для ресурсосберегающего послойного способа обработки почвы

Рабочие органы, представленные на рисунке 1, в совокупности можно использовать на стойках чизельных плугов и плоскорезов, это будет



способствовать, и обеспечивать качественную послойную безотвальную обработку почвы. Рабочий орган спроектирован таким образом, что позволяет качественно перемешивать пожнивные остатки, не производя оборота пласта. Сила обратная сопротивлению создает перед рабочим органом эффект волны или так называемы эффект Баушингера. Это позволяет увеличить качественные показатели, а также снизить энергоёмкость данного технологического процесса [6,7,8].

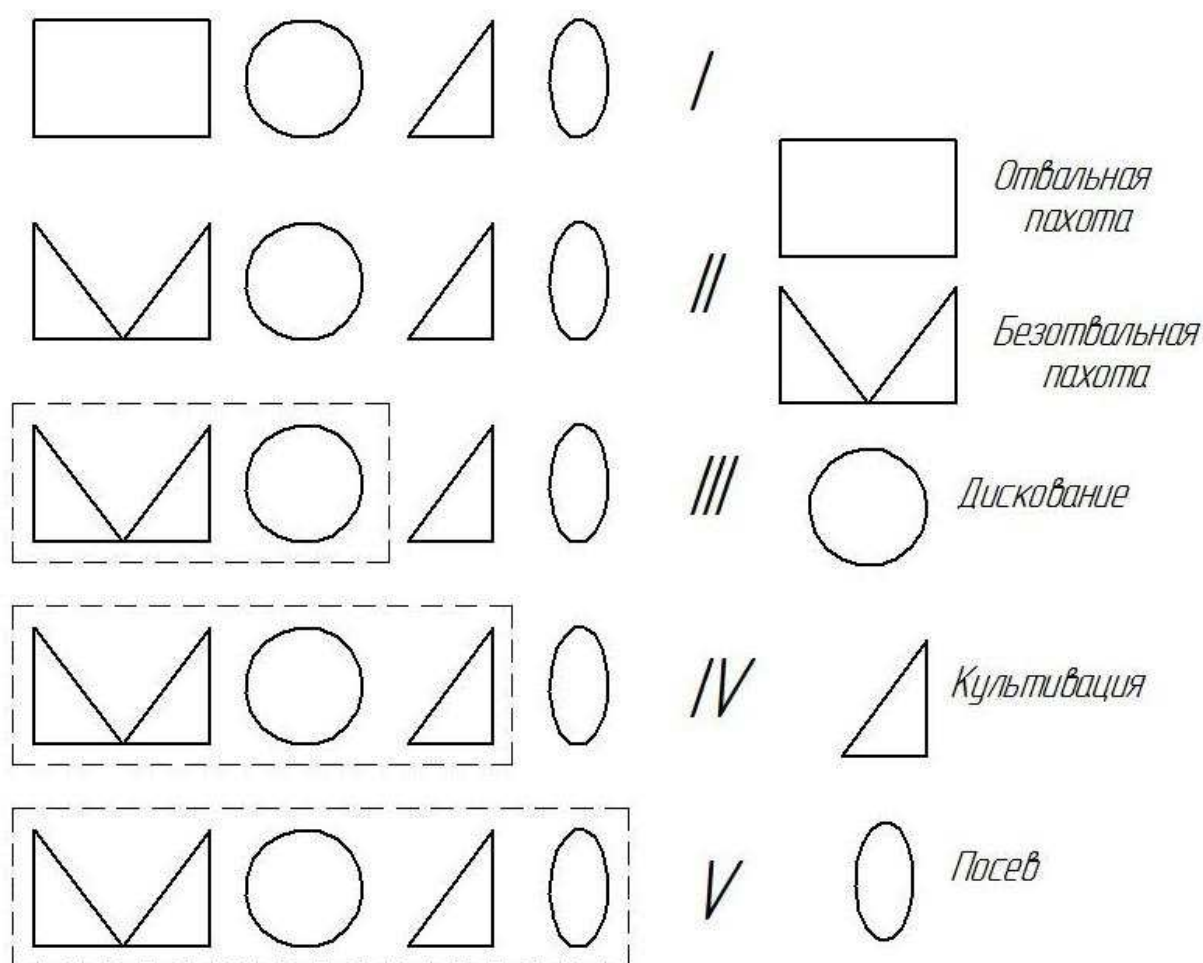


Рисунок 3 – Схема перспективного земледелия и подготовки почвы к посеву

Рассмотрим самую простую схему использования систем земледелия в укрупнённом виде. Как известно, что с большим количеством проходов агрегатов по полю нарушается экосистемы в плодородном слое почвы. Это

означает, что возникают дополнительные процессы, как физические, так и биологические, нарушаются почвенные и капиллярные связи, что не способствует накоплению углерода в целом [1, 9]

Проводя анализ схемы, рисунок 3, можно сделать ряд заключений:

- I – классический способ подготовки почвы к посеву и посев;
- II – способ с первоначальной подготовкой почвы с применением системы для основной безотвальной обработки почвы;
- III – использование простых комбинированных почвообрабатывающих агрегатов для подготовки почвы к посеву;
- IV – использование сложных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов для подготовки почвы к посеву;
- V – использование сложных посевных комплексов.

Проведя анализ, можно прийти к общему выводу - наиболее перспективным из представленных способов является V способ, так обеспечивает прямой посев и сокращает количество проходов агрегата по полю. Однако в V системе есть понимание, что увеличивается масса рабочего орудия, и как следствие увеличивается удельное давление на почву. Двигаясь по системам от I к V необходимо выбирать самую оптимальную, которая соответствует конкретно под задачи, которые ставятся в хозяйствах.

Исходя из обзора приведённых рабочих органов, и систем земледелия в укрупнённом виде, можно сделать заключение, что использование дополнительных рабочих органов в составе серийных машин влечет увеличение качественных и количественных показателей. Экспериментальными исследованиями установлено, что применение рабочих органов, которые имеют возможность производить первоначальную обработку почвы качественно и в агротехнические сроки, будет способствовать накоплению полезных питательных веществ. Разработка и использование комбинированных почвообрабатывающих

агрегатов имеет большое перспективное значение. Применение и внедрение новых научно обоснованных систем земледелия приведет к сокращению затрачиваемых ресурсов, и повышение урожайности, а главное позволит сохранить почвенные ресурсы и их накопление естественным образом.

**Выводы.** В связи с представленным материалом можно сделать вывод что, обработка почвы и ее вид или тип будет только тогда рациональным, когда она будет выполнять назначение для усиления влияния атмосферы на ее структуру и наполнение ее микроорганизмами. В природе все взаимосвязано, если удастся добиться, применения научно обоснованных агротехнологий способных, задерживать углерод и полезные вещества и микроорганизмы в почве, мы увеличим урожайность сельскохозяйственных культур, снизим выделения углерода в атмосферу, тем самым будет образовываться меньшее количество парниковых газов, а как следствие температурный баланс будет находиться в норме относительно взаимодействия системы «Атмосфера – Почва - Атмосфера».

#### Список использованных источников.

1. Методические подходы к обоснованию базовых параметров перспективных машинно-технологических агрегатов / В. Б. Рыков, С. И. Камбулов, Н. В. Шевченко, С. В. Белоусов. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – 235 с. – ISBN 978-5-907598-36-2. – EDN KUZKJL.

2. Рыков, В. Б. Повышение эффективности возделывания озимой пшеницы за счет совершенствования технологических приемов обработки почвы и посева / В. Б. Рыков, С. И. Камбулов, Н. Г. Янковский // Зерновое хозяйство России. – 2009. – № 3. – С. 28-31. – EDN MULSSP.

3. Energy Assessment of Tillage Working Bodies / I. V. Bozhko, S. I. Kambulov, G. G. Parkhomenko, S. V. Belousov // AIP Conference Proceedings : INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021, Sevastopol, 06–10 сентября 2021 года. Vol. 2503. – Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. – P. 030044. – DOI 10.1063/5.0099966. – EDN HLWYHS.

4. Патент на полезную модель № 191882 U1 Российская Федерация, МПК А01В 15/00. Корпус плуга : № 2018143264 : заявл. 06.12.2018 : опубл. 26.08.2019 / С. В. Белоусов, Е. И. Трубилин, Е. С. Гусак [и др.] ; заявитель Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина". – EDN PYCEVJ.

5. Камбулов, С. И. Снижение энергоёмкости процесса почвообработки / С. И. Камбулов // . – 2008. – № 1. – С. 32-34. – EDN IJONEB.

6. Methodology and results of studying soil moisture after the interaction with the operating devices / G. G. Parkhomenko, I. V. Bozhko, S. I. Kambulov [et al.] // E3S Web of Conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 09006. – DOI 10.1051/e3sconf/202017509006. – EDN SBOBLZ.

7. Белоусов, С. В. Лемешный плуг для обработки почвы с оборотом пласта / С. В. Белоусов, А. И. Лепшина, М. Е. Трубилин // Сельский механизатор. – 2015. – № 3. – С. 6-7. – EDN TUHAJJ.

8. Belousov, S. V. Experimental researches of plant protection means / S. V. Belousov, A. I. Belousova // MATEC Web of Conferences : 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2018, Sevastopol, 10–14 сентября 2018 года. Vol. 224. – Sevastopol: EDP Sciences, 2018. – P. 05002. – DOI 10.1051/matecconf/201822405002. – EDN UOHIBB.

9. Влияние параметров рабочего органа культиватора на качество крошения почвенного пласта / С. И. Камбулов, Г. Г. Пархоменко, О. С. Бабенко, И. В. Божко // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16. – № 1. – С. 41-46. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-41-46. – EDN IWOVQN.

## References

1. Metodicheskie podhody k obosnovaniju bazovyh parametrov perspektivnyh mashinno-tehnologicheskikh agregatov / V. B. Rykov, S. I. Kambulov, N. V. Shevchenko, S. V. Belousov. – Krasnodar : Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2022. – 235 s. – ISBN 978-5-907598-36-2. – EDN KUZKJL.

2. Rykov, V. B. Povyshenie jeffektivnosti vozdeystvija ozimoj pshenicy za schet sovershenstvovaniya tehnologicheskikh priemov obrabotki pochvy i poseva / V. B. Rykov, S. I. Kambulov, N. G. Jankovskij // Zernovoe hozjajstvo Rossii. – 2009. – № 3. – С. 28-31. – EDN MULSSP.

3. Energy Assessment of Tillage Working Bodies / I. V. Bozhko, S. I. Kambulov, G. G. Parkhomenko, S. V. Belousov // AIP Conference Proceedings : INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021, Sevastopol, 06–10 sentjabrja 2021 goda. Vol. 2503. – Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. – P. 030044. – DOI 10.1063/5.0099966. – EDN HLWYHS.

4. Patent na poleznuju model' № 191882 U1 Rossijskaja Federacija, MPK A01B 15/00. Korpus pluga : № 2018143264 : zajavl. 06.12.2018 : opubl. 26.08.2019 / S. V. Belousov, E. I. Trubilin, E. S. Gusak [i dr.] ; zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I.T. Trubilina". – EDN PYCEVJ.

5. Kambulov, S. I. Snizhenie jenergoemkosti processa pochvoobrabotki / S. I. Kambulov // . – 2008. – № 1. – С. 32-34. – EDN IJONEB.

6. Methodology and results of studying soil moisture after the interaction with the operating devices / G. G. Parkhomenko, I. V. Bozhko, S. I. Kambulov [et al.] // E3S Web of

Conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 fevralja 2020 goda. – Rostovon-Don, 2020. – P. 09006. – DOI 10.1051/e3sconf/202017509006. – EDN SBOBLZ.

7. Belousov, S. V. Lemeshnyj plug dlja obrabotki pochvy s oborotom plasta / S. V. Belousov, A. I. Lepshina, M. E. Trubilin // Sel'skij mehanizator. – 2015. – № 3. – S. 6-7. – EDN TUHAJJ.

8. Belousov, S. V. Experimental researches of plant protection means / S. V. Belousov, A. I. Belousova // MATEC Web of Conferences : 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2018, Sevastopol, 10–14 sentjabrja 2018 goda. Vol. 224. – Sevastopol: EDP Sciences, 2018. – P. 05002. – DOI 10.1051/matecconf/201822405002. – EDN UOHIBB.

9. Vlijanie parametrov rabocheho organa kul'tivatora na kachestvo kroshenija pochvennogo plasta / S. I. Kambulov, G. G. Parhomenko, O. S. Babenko, I. V. Bozhko // Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii. – 2022. – T. 16. – № 1. – S. 41-46. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-41-46. – EDN IWOVQN.