

УДК 631.95  
Код ВАК 06.01.01

DOI: 10.52463/22274227\_2021\_40\_3

М.Ю. Карпухин, Ю.Л. Байкин, Э.Р. Батыршина

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ  
И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СЕКВЕСТРАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА  
ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,  
ЕКАТЕРИНБУРГ, РОССИЯ

M.Yu. Karpukhin, Yu.L. Baikin, E.R. Batyrshina

ANALYSIS OF THE MODERN STATE OF AGRICULTURAL LANDSCAPES AND WAYS  
OF INCREASING THEIR SEQUESTRATION POTENTIAL FOR THE AGRICULTURAL USE  
IN THE MIDDLE URALS

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION «URALS STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY», EKATERINBURG, RUSSIA

**Михаил Юрьевич Карпухин**  
Mikhail Yurievich Karpukhin  
кандидат сельскохозяйственных  
наук, доцент  
ORCID 0000-0002-8009-9121  
Author ID 339196  
mkarpukhin@yandex.ru

**Юрий Леонидович Байкин**  
Yuri Leonidovich Baikin  
кандидат сельскохозяйственных наук  
ORCID 0000-0001-7044-5863  
AuthorID: 609727  
ubaikin@rambler.ru

**Эльвира Ришатовна Батыршина**  
Elvira Rishatovna Batyrshina  
кандидат сельскохозяйственных наук  
ORCID 0000-0001-7001-713x  
AuthorID: 270346  
batirschina.elya@yandex.ru

**Аннотация.** В статье речь идет об анализе текущего состояния агроландшафтов Свердловской области при сельскохозяйственном использовании. Показаны глобальные вызовы к сохранению продуктивных почв и их плодородия. **Цель исследований** – провести анализ существующего положения агроландшафтов Свердловской области и определить пути повышения их секвестрационного потенциала при сельскохозяйственном использовании. **Методика.** Проведен статистический анализ состояния структуры почвенных площадей Свердловской области, исследовано количество гумуса в пахотных почвах по Тюрину и их секвестрационный потенциал. На основании полученных данных показана реальная возможность использования агроландшафтов региона для повышения секвестрационной способности парниковых газов. Научная тематика «Выполнение работ по интродукции, селекции и биоинженерии высокопродуктивных древесных и травянистых растений, перспективных для секвестрации атмосферного углерода» включена в программу создания и функционирования карбонового полигона в Свердловской области «Урал-Карбон» на 2021-2022 гг. Полигон открыт 29 октября 2021 г. на базе Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. **Результат.** В балансе гумуса пахотных почв Свердловской области расход превышает поступление в 2,2 раза. В земледелии области существует высокий дефицит гумуса, который в 2020 г. пополнен только на 48%. Отрицательный баланс гумуса является серьезной проблемой, требующей решения. Для покрытия дефицита гумуса в 420 кг/га, объемы применения органических удобрений должны составлять 8,4 т/га, а вносится 2,32 т/га посевной площади. Все это ведет к деградации почв и снижению их секвестрационного потенциала. **Научная новизна.** В результате анализа структуры посевных площадей предложены новые направления перехода от традиционного к регенеративному (карбоновому) земледелию. Работа выполнена в рамках программы создания и функционирования карбонового полигона в Свердловской области «Урал-Карбон».

**Ключевые слова:** почва, гумус, структура посевных площадей, секвестрация, углерод, Свердловская область, система земледелия, повышение секвестрационного потенциала, агроландшафт

**Abstract.** The article deals with the analysis of the modern state of agro-landscapes of the Sverdlovsk region in the agricultural use. The global challenges to the conservation of the productive soils and their fertility are shown. **The purpose of the research** is to analyze the current situation of agro-landscapes of the Sverdlovsk region and identify ways to increase their sequestration potential in agricultural use. **The methodology.** A statistical analysis of the structure state of the soil areas of the Sverdlovsk region was carried out, the amount of humus in arable soils according to Tyurin and their sequestration potential were investigated. The real possibility of using the agricultural landscapes of the region based on the data obtained, to increase the sequestration capacity of greenhouse gases is shown. The scientific topic "Implementation of works on the introduction, selection and bioengineering of highly productive drevestny and herbaceous plants promising for sequestration of atmospheric carbon" is included into the program for the creation and operation of the carbon landfill in the Sverdlovsk region "Ural-Carbon" for 2021-2022. The landfill was opened on October 29, 2021 on the basis of the Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin. **Results.** In the balance of humus of arable soils of the Sverdlovsk region the consumption exceeds the intake by 2.2 times. There is a high shortage of humus in the agriculture in the region, which is replenished by only 48% in 2020. The negative balance of humus is a serious problem that needs to be solved. To cover the shortage of humus in 420 kg/ha, the application volume of the organic fertilizers should be 8.4 t/ha, and 2.32 t/ha of acreage is applied. All this leads to the soil degradation and decrease in their sequestration potential. **Scientific novelty.** As a result of the acreage structure analysis new directions of the transition from traditional to regenerative (carbon) agriculture are proposed. The work was carried out within the framework of the program for the creation and operation of the carbon landfill in the Sverdlovsk region "Ural-Carbon".

**Keywords:** soil, humus, acreage structure, sequestration, carbon, Sverdlovsk region, agriculture system, increase of sequestration potential, agricultural landscape.

**Введение.** Почва – основное средство производства в сельском хозяйстве. В последние годы уделяется повышенное внимание экологии почв и их секвестрационной способности парниковых газов. Во всем мире говорят о глобальном почвенно-углеродном кризисе [1]. По данным ФАО, в мире уже утрачено 2 млрд. га продуктивных почв, что значительно снижает возможности регенеративного растениеводства [2]. В России ежегодно теряется 1,5 млрд. т плодородного слоя почвы. В результате непродуманного антропогенного воздействия мировой почвенный покров потерял 136 Гт углерода с момента начала индустриальной революции, расчистки и культивации земель. Восстановление почв и их плодородия является сложным процессом и требует большого временного периода. По оценкам ученых, деградированные земли в России уже достигли 30% от площади всех сельскохозяйственных угодий, эродированные – 60%. Известно, что на сельское хозяйство приходится до 30% всех выбросов парниковых газов в атмосферу. Основные потери углекислого газа в агроэкосистемах при сельскохозяйственном использовании идут за счет дыхания растений, окисления органического углерода в почвах и растительных остатках, использования топлива для сельскохозяйственной техники, использования топлива для производства удобрений и пестицидов. Для сохранения положительного баланса углерода необходимо увеличивать количество поступающих растительных остатков и органики и снижать потери от его разложения [3-6].

Природно-климатический потенциал России позволяет ей стать лидером на углеродном рынке. Для этого необходимо принимать определенные меры по сохранению почв и биологическому депонированию углерода. Решение проблемы увеличения биологической секвестрации углекислого газа – это увеличение его поглощения растениями, почвой и водными массивами.

Повышением секвестрационного потенциала агроландшафтов может стать постепенный переход от традиционного адаптивно-ландшафтного земледелия к почвозащитному ресурсосберегающему, а впоследствии – к регенеративному (карбонному) земледелию.

Однако для того чтобы внедрять эти системы, необходимо обеспечить широкомасштабное проведение опытной работы во всех регионах России, по возможности используя данные виды земледелия без снижения эффективности сельскохозяйственного производства с учетом почвенно-климатических условий и изменения климата. Основными принципами должны стать продолжительная нулевая обработка почвы, сохранение по-

стоянного органического покрова почвы и диверсификация видов культур, возделываемых в севооборотах, или чередовании культур и др. [1, 7, 8].

Для увеличения поглощающего потенциала агроэкосистемы необходимо рациональное использование почвенных ресурсов. По данным ФАО, предложено использовать: технологии точного земледелия; сбалансированное применение химических удобрений; оптимизацию скотоводческих практик; интегрированную систему защиты растений на основе инновационных технологий; методы биологизации земледелия (дифференцированные севообороты; подбор семян и гибридов (с минимальным углеродным следом); управление растительными остатками; применение покровных культур; использование биологических систем защиты растений, бактериально-грибковых препаратов, биологических удобрений, микоризы, гуминовых веществ, биостимуляторов роста и др.; борьбу с уплотнением почв; модификацию скотоводческих проектов [2, 9, 10].

При внедрении практик почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия в качестве дополнительных объемов секвестрации углерода могут быть:

- 1 прямой посев (No-till): от 0,1 до 1,0 т С/га/год;
- 2 покровные культуры: от 0,1 до 0,5 т С/га/год;
- 3 другие способы снижения парниковых выбросов:
  - эффективное управление азотными удобрениями: от 0,1 до 2 т  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год;
  - выращивание бобовых культур вместо азотных удобрений: от 0,1 до 3 т  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год;
  - отказ от паров и др.: от 0,05 до 2 т  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год;
  - применение бактериально-грибковых препаратов: до 2 т  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год. Итого с учетом предыдущих пунктов – до 10,5 т  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год;
  - использование промышленной конопля, которая поглощает от 8 до 15 тонн  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год. Итого с учетом предыдущих пунктов – до 25,5 т  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год;
  - ведение агролесоводства: от 3 до 30 т  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год. Итого с учетом предыдущих пунктов – до 55,5 т  $\text{CO}_2\text{e}$ /га/год.

Все методики, принципы и технологии требуют глубокого анализа, проверки и уточнения с учетом почвенно-климатических особенностей региона, поэтому в феврале 2021 г. Министерство образования и науки РФ запустило пилотный проект по созданию на территории регионов России карбоновых полигонов. 29 октября 2021 г. на базе Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (оператор карбонового полигона) на территории Коуровской астрономической обсерватории им. К.А. Бархатовой был открыт кар-

боновый полигон «Урал-Карбон».

Участниками стали: Уральский государственный аграрный университет, Уральский государственный лесотехнический университет, Институт экологии растений и животных УрО РАН, Институт промышленной экологии УрО РАН, Институт математики и механики УрО РАН, Ботанический сад УрО РАН. Индустриальный партнер – ПАО «Трубная металлургическая компания».

Миссия – общая стратегическая многолетняя (до 2030–2035 гг.) цель – отработка регионально верифицированной методики, учитывающей ожидаемые климатические изменения, определение объемов депонирования углерода наземными экосистемами и разработка оптимальных базовых технологий мониторинга депонирования и секвестрации углерода [11].

**Методика.** Работу над проектом «Разработка технологий увеличения секвестрационного потенциала агрофитоценозов» осуществляет творческий коллектив факультета агротехнологий и землеустройства ФГБОУ ВО Уральский ГАУ с 2021 г.

Цель проекта – определить секвестрационный потенциал парниковых газов агроландшафтов Свердловской области при сельскохозяйственном использовании.

Задачи проекта:

- провести анализ земельных ресурсов в АПК региона;
- изучить структуру посевных площадей и объемы получения сельскохозяйственной продукции;
- определить применяемые системы земледелия сельхозтоваропроизводителями;
- провести анализ плодородия почв пашни региона в динамике;
- определить современные направления повышения поглощения углерода агроландшафтами региона.

В работе проведен статистический анализ состояния структуры почвенных площадей Свердловской области, исследовано количество гумуса в пахотных почвах (по методике Тюрина) и их секвестрационный потенциал [12–14].

**Результаты.** По данным статистики, территория Свердловской области составляет 194,3 тыс. км<sup>2</sup>. На этой территории сосредоточено 4290,1 тыс. человек населения, из них 639,3 тыс. человек сельского населения или 14,9%. Свердловская область по количеству населения занимает пятое место в России. Агропромышленный комплекс региона включает на 1 января 2021 г. более 300 сельскохозяйственных организаций, около 800 крестьянских (фермерских) хозяйств, включая ИП, более 443 тыс. граждан, ведущих

личные подсобные хозяйства и другие индивидуальные хозяйства. Переработкой продукции, производством пищевых продуктов и напитков занимаются более 800 предприятий. Уровень самообеспечения сельскохозяйственной продукцией составляет по молоку и молокопродуктам 74,3%, мясу и мясопродуктам – 58,5%, яйцу и яйцепродуктам – 100,2%, картофелю – 96,8%, овощам – 38,6%, фруктам и ягодам – 20%. Свердловская область в рейтинге по стране занимает 6-е место по производству яиц и картофеля, 7-е место – по производству молока, 18-е место – по производству мяса и 24-е место – по производству овощей. В Уральском федеральном округе – 3-е место по производству яиц, 1-е место – по производству картофеля и молока, 2-е место – по производству мяса и 3-е место – по производству овощей. Таким образом, агропромышленный комплекс Свердловской области имеет высокий потенциал и постоянно развивается [15].

Дальнейшее развитие требует интенсификации и интеллектуализации производства. Как правило, это сопровождается большими затратами энергии и высоким выделением парниковых газов. Следовательно, в настоящее время необходимо наряду с применением современных технологий производства сельскохозяйственной продукции разработать пути снижения выбросов углекислого газа и повысить секвестрационную способность агроландшафтов.

Главными поглотителями и накопителями парниковых газов в сельском хозяйстве является почва и возделываемые сельскохозяйственные культуры. Изучив земельные ресурсы сельского хозяйства Свердловской области, установлено, что по состоянию на 01.01.2021 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет 4049,2 тыс. га, из них 1990,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 1305,4 тыс. га пашни. Необходимо отметить, что около 442–454 тыс. га являются брошенными и необрабатываемыми. Таким образом, в Свердловской области достаточно земельных ресурсов и есть неиспользуемые резервы для дальнейшего развития.

Для определения секвестрационного потенциала необходимо проанализировать структуру посевных площадей Свердловской области (рисунок 1).

Так, в 2020 г. в хозяйствах всех категорий кормовые культуры составляют 392,1 тыс. га или 48%, зерновые и зернобобовые культуры – 349,5 га или 43%, остальные культуры имеют незначительные площади: овощи открытого грунта (с учетом защищенного грунта у населения) –

5,7 тыс. га, технические культуры – 22,4 тыс. га, картофель – 44,1 тыс. га.

Установлено, что структура посевных площадей сложилась исходя из основного направления АПК региона – молочного животноводства. Отмечено, что в структуре сельскохозяйственной продукции растениеводство составляет 38%, а животноводство – 62%. Учитывая однообразный набор зерновых и зернобобовых и кормовых культур, система севооборотов и земледелия в хозяйствах требует серьезной корректировки.

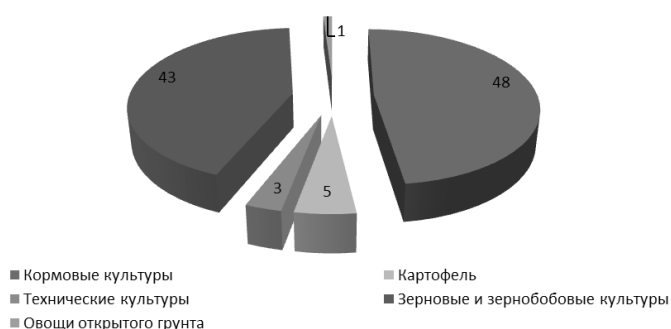


Рисунок 1 – Структура посевных площадей в Свердловской области в 2020 г. (в хозяйствах всех категорий), %

На сельскохозяйственных предприятиях в настоящее время применяется повсеместно традиционная система земледелия. Недостаточно используются элементы биологизации и почвозащитного земледелия, низкие нормы внесения минеральных и органических удобрений. Это сказывается на основных показателях плодородия пахотных почв.

Анализируя динамику баланса гумуса (таблица), установлено, что поступление гумуса в пахотные почвы Свердловской области идет неравномерно по годам с большим дефицитом [13].

Таблица – Динамика баланса гумуса в пахотных почвах Свердловской области

| Показатели  | 1990 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Минерализация, кг/га  | 953     | 780     | 690     | 900     | 800     | 860     | 800     |
| Поступление гумуса – всего, кг/га                                 | 743     | 360     | 330     | 400     | 370     | 390     | 380     |
| в т.ч. за счет органических удобрений                             | 300     | 100     | 100     | 100     | 110     | 100     | 11      |
| за счет растительных остатков                                     | 443     | 260     | 230     | 300     | 260     | 290     | 270     |
| Баланс, кг/га   | -210    | -420    | -360    | -500    | -430    | -470    | -420    |
| Потребность в органических удобрениях для покрытия дефицита, т/га | 4,2     | 8,4     | 7,2     | 10,0    | 8,6     | 9,4     | 8,4     |

Поступление гумуса в 1990 г. составляло 743 кг/га, приход был максимальным в связи с тем, что именно в этот период внесение органических удобрений было практически в 3 раза выше и приход поукосно-корневых остатков по сравнению с 2000-ми годами был в 1,48-1,93 раза выше. Однако следует отметить, что баланс гумуса во все изучаемые годы был отрицательным. Поступление гумуса за счет органических удобрений, в связи с организационными и экономическими причинами, составляло ежегодно 100-110 кг/га, что крайне недостаточно. В связи с интенсивным использованием пахотных почв происходит высокая минерализация гумуса.

Самый высокий показатель был в 1990 г. и составил 953 кг/га. В 2016 г. в связи со снижением использования пахотных почв этот показатель составил 690 кг/га и был самым низким за годы изучения. В остальные годы минерализация составляла 800-900 кг/га, что связано с устойчивыми площадями и структурой посевных площадей в последние годы. Озабоченность вызывает отрицательный баланс гумуса от -420 до -500 кг/га. Потери гумуса, в том числе органического углерода, остаются достаточно высокими, что негативно сказывается на состоянии плодородия почв и их секвестрационной способности. Для бездефицитного баланса гумуса ежегодно необходимо вносить от 7,2 до 9,4 т/га органических удобрений и оставлять как можно больше растительных остатков. Динамика внесения органических удобрений (рисунок 2) в среднем за пятилетку была максимальной в 1986-1990 гг. и составила 6,2 т/га и 9,43 млн. т на общую площадь пахотных почв. Однако в следующие пятилетки шло значительное снижение внесения органических удобрений: в 1991-1995 гг. – в 1,78 раза, а в последующие пятилетки – практически в 4 раза. Необходимо отметить, что в бывшем СССР при плановой экономике начиная с 1965-1970 гг. производилось системное увеличение внесения органических удобрений, что положительно сказывалось на балансе органического вещества в почве. Но достичь положительного баланса гумуса так и не удалось.

В результате распада страны, смены общественно-политического строя изменилась экономика. Как следствие, внесение органических удобрений оказалось очень низким. Только в пятилетку 2016-2020 гг. наметилась слабая положительная динамика. В настоящее время для изучения влияния изменения климата и сохранения парниковых газов в агроэкосистемах необходимо провести исследования по секвестрации углерода

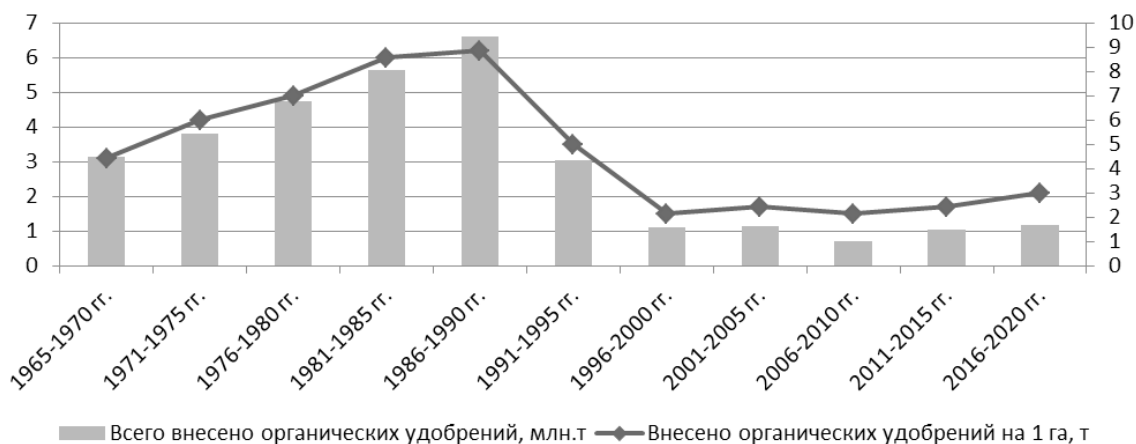


Рисунок 2 – Динамика внесения органических удобрений на пахотных почвах Свердловской области (в среднем за период)

да в зависимости от вида сельскохозяйственных угодий, возделываемой сельскохозяйственной культуры, типа почвы, а также интенсивности использования и технологии возделывания.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что в настоящее время сельскохозяйственное производство в Свердловской области ведется без привязки к улавливанию и сохранению парниковых газов. В балансе гумуса пахотных почв Свердловской области расход превышает поступление в 2,2 раза. В земледелии области существует высокий дефицит гумуса, который в 2020 г. пополнен только на 48%. Отрицательный баланс гумуса является серьезной проблемой, требующей решения. Для покрытия дефицита гумуса в 420 кг/га, объемы применения органических удобрений должны составлять 8,4 т/га, а вносится 2,32 т/га посевной площади. Все это ведет к деградации почв и снижению их секвестрационного потенциала. Решением проблемы должно стать применение адаптивно-ландшафтного, почвозащитного и ресурсосберегающего, органического земледелия с обязательным использованием элементов биологизации. Необходима диверсификация видов культур в севооборотах с расширением ассортимента выращиваемых сельскохозяйственных культур. Требуется применение углеродотрицательных культур (конопля, многолетние бобовые травы и др.), широкое использование промежуточных культур, увеличение озимого клина и многолетних бобовых трав в севооборотах. Следует обратить внимание на повышение внесения органических удобрений до уровня пополнения дефицита органического вещества почв за счет правильной утилизации отходов животноводства. Использование системы точного земледелия и сбалансированного использования минеральных удобрений.

В целом необходимо на основании проводимых исследований в рамках карбонового полигона «Урал-Карбон» рассчитать существующий баланс углерода и оптимизировать систему земледелия Свердловской области с учетом повышения секвестрационного потенциала в агроландшафтах при сельскохозяйственном использовании.

#### Список литературы

- 1 Хлыстов И.А., Сенькова Л.А., Карпухин М.Ю. Ферментативная активность почв в зоне загрязнения выбросами медеплавильного завода // Аграрный вестник Урала. 2016. № 1. С. 72-76.
- 2 Доклад Продовольственной и сельскохозяйственной организаций Объединенных Наций «Состояние знаний о биоразнообразии почв» [Электронный ресурс]. – <https://www.fao.org/biotech/biotech-news/ru/> (дата обращения 01.11.2021)
- 3 Long term nutrient fertilization and the carbon balance of permanent grassland: any evidence for sustainable intensification? / D.A. Fornara, E. Watson [et al.] // Biogeoscience. 2016. Vol. 13. Pp. 4975-4984.
- 4 Clay illuviation provides long-term sink for C sequestration in subsoils / G. Torres Sallan [et al.] // Scientific Report. 2017. № 7 (1). P. 45635. DOI: 10.1038/srep45635
- 5 Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: a review / N.E. Korres [et al.] // Agronomy for Sustainable Development. 2016. № 36 (1). P. 22.
- 6 Shpedt A.A., Aksenova Yu.V. Modern assessment of soil resources of Kyrgyzstan // International Conference on World Technological Trends in Agribusiness. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Omsk, 2021. P. 012233

7 Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Немещуца Л.А. Анализ состояния и перспективы развития селекции и семеноводства овощных культур: монография. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 96 с.

8 Карпукхин М.Ю., Юрина А.В., Чусовитина К.А. Увеличение производства овощей открытого и защищенного грунта и картофеля в АПК Свердловской области: методические указания. Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2016. 39 с.

9 Гнедаш Д.Н. Оценка экологической устойчивости агроландшафтов // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2018. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018007291> (дата обращения: 06.11.2021).

10 Когут Б.М., Семенов В.М., Артемьева З.С., Данченко Н.Н. Дегумусирование и почвенная секвестрация углерода // Агрохимия. 2021. № 5. С. 3-13.

11 Программа создания и функционирования карбонового полигона в Свердловской области «Урал-Карбон» на 2021-2022 гг. Екатеринбург, 2021. 55 с.

12 Растениеводство: учебник / Г.С. Кузнецова [и др.]. Екатеринбург, 2016. 674 с.

13 Благовещенский Г.В., Конончук В.В., Тимошенко С.М. Углеродная секвестрация в травяных экосистемах // Кормопроизводство. 2019. № 9. С. 17-21.

14 Государственный доклад о состоянии окружающей среды на территории Свердловской области в 2020 г. [Электронный ресурс]. – <https://mprso.midural.ru/uploads/2021/10/макет%>. – (дата обращения 06.11.2021).

15 Агропромышленный комплекс и потребительский рынок: итоги 2020 г. Екатеринбург, 2021. 46 с.

#### List of references

1 Khlystov I.A., Senkova L.A., Karpukhin M.Yu. Enzymatic activity of soils in the zone of pollution by emissions from a copper smelter // *Agricultural Bulletin of the Ural*. 2016. № 1. Pp. 72-76.

2 Report of the Food and Agriculture Organization of the United Nations «State of knowledge on soil biodiversity» [Electronic resource]. – Access mode: // <https://www.fao.org/biotech/biotech-news/ru/> (date of treatment 11/01/2021)

3 Long term nutrient fertilization and the carbon balance of permanent grassland: any evidence for sustainable intensification? / D.A. Fornara, E. Watson [et al.] // *Biogeoscience*. 2016. Vol. 13. Pp. 4975-4984.

4 Clay illuviation provides long-term sink for C sequestration in subsoils / G. Torres Sallan [et al.] // *Scientific Report*. 2017. № 7 (1). P. 45635. DOI: 10.1038/srep45635

5 Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: a review / N.E. Korres [et al.] // *Agronomy for Sustainable Development*. 2016. № 36 (1). P. 22.

6 Shpedt A.A., Aksenova Yu.V. Modern assessment of soil resources of Kyrgyzstan // *International Conference on World Technological Trends in Agribusiness*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Omsk, 2021. P. 012233

7 Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Nemenushchaya L.A. Analysis of the state and prospects for the development of selection and seed production of vegetable crops: monograph. M.: FGBNU «Rosinformagrotech», 2019. 96 p.

8 Karpukhin M.Yu., Yurina A.V., Chusovitina K.A. Increasing the production of vegetables in open and protected ground and potatoes in the agro-industrial complex of the Sverdlovsk region: methodological guidelines. Ekaterinburg: Ural GAU, 2016.39 p.

9 Gnedash D.N. Assessment of ecological sustainability of agricultural landscapes // *Proceedings of the X International Student Scientific Conference «Student Scientific Forum»*. 2018. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018007291> (date of access: 06.11.2021).

10 Kogut B.M., Semenov V.M., Artemyeva Z.S., Danchenko N.N. Dehumusification and soil carbon sequestration // *Agrochemistry*. 2021. № 5. Pp. 3-13.

11 The program for the creation and operation of the Ural-Carbon carbon polygon in the Sverdlovsk region for 2021-2022. Ekaterinburg, 2021. 55 p.

12 Plant growing: textbook / G.S. Kuznetsova [et al.]. Ekaterinburg, 2016.674 p.

13 Blagoveshchensky G.V., Kononchuk V.V., Timoshenko S.M. Carbon sequestration in grass ecosystems // *Fodder Production*. 2019. № 9. Pp. 17-21.

14 State report on the state of the environment in the Sverdlovsk region in 2020 [Electronic resource]. – Access mode: <https://mprso.midural.ru/uploads/2021/10/макет%>. - (date of treatment 11/06/2021).

15 Agro-industrial complex and consumer market: results of 2020. Ekaterinburg, 2021. 46 p.