

4. Пронько, Н.А. Способ повышения эффективности капельного полива овощей в Нижнем Поволжье [Текст] / Н.А. Пронько, Е.И. Бикбулатов, Ю.А. Новикова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 3.

5. Рекомендации по методике комплексных воднобалансовых наблюдений на орошаемых землях / Всер.НИИ гидротехники и мелиорации. - М.: Наука, 1978.

Интернет-ресурсы

1. [gazetasadovod.ru/5234-pitanie-perca.html](http://gazetasadovod.ru/5234-pitanie-perca.html)

2. [pochva.net/rasteniya/podkormka-perts.html](http://pochva.net/rasteniya/podkormka-perts.html)

3. [AgroGnom.ru/vegetables/peppers/luchshie-...](http://AgroGnom.ru/vegetables/peppers/luchshie-...)

4. [AgroMaster.ru](http://AgroMaster.ru)» Питание овощных культур

### **СЕКЦИЯ: «АГРОЭКОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»**

УДК 631.95

#### **ОЦЕНКА УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА И ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ МЕТОДОМ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ**

*Александров Никита Александрович, аспирант кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexandrov\_na@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель: Ярославцев Алексей Михайлович, к.б.н., доцент кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yaroslavtsevam@gmail.com*

**Аннотация:** В работе приведены результаты оценки баланса углерода территории Агроэкологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и продукционного процесса посевов ярового ячменя методом турбулентных пульсаций. Оценен общий экосистемный обмен (NEE) за вегетационный период и за весь сезон наблюдений.

**Ключевые слова:** метод турбулентных пульсаций, NEE, GPP, баланс углерода, экосистемное дыхание.

**Актуальность исследования.** Биогенный цикл углерода (С) (или круговорот органического углерода) представляет собой совокупность продукционных и деструкционных процессов, а также процессов депонирования и ресинтеза органических соединений [1].

Продукционная составляющая цикла органического углерода ( $C_{орг}$ ) — это сочетание всех процессов, которые приводят к созданию растительного органического вещества [7]. Деструкционная ветвь цикла  $C_{орг}$  более сложная, ее конечным продуктом является углекислый газ, замыкающий цикл  $C_{орг}$  и

связывающий его с циклами неорганического углерода и кислорода [3,7]. Деструкционные процессы включают в себя процессы отмирания растений или их отдельных частей, образования мертвой фитомассы и ее распада до простых минеральных веществ [3,4]. Благодаря участию в этих процессах микроорганизмов почвы, как деструктивного звена, совершается циклическое превращение вещества и энергии в биосфере. Углекислый газ, выделяющийся из почвы, — это совокупный продукт деструкционных процессов, дыхания корней растений и небиологических (физических и/или химических) источников [7]. Под депонированием углерода понимается процесс его закрепления в долгосуществующих компонентах экосистемы: деревьях, торфе, почвенном гумусе, а ресинтез представляет собой совокупность процессов, приводящих к образованию новых органических соединений из продуктов переработки растительного вещества [3,7]. В последние годы часто употребляемым, но не всегда грамотно, стал термин «секвестрация углерода почвами», под которым понимают перевод атмосферного углекислого газа в живое органическое вещество растений с последующей трансформацией формирующейся мортмассы в почвенное органическое вещество (ОВ) и его долговременное сохранение в почвенном резервуаре за счет стабилизации с минимальным риском возврата в атмосферу [3].

Весь углерод, поглощаемый во время фотосинтеза, представляет собой валовую первичную продукцию (Gross Primary Production, GPP) и определяется по убыли  $\text{CO}_2$  в камерах с растениями или по фотосинтетическому связыванию  $^{14}\text{CO}_2$ . В продукционном звене создается первичная продукция экосистемы как результат процессов фотосинтеза и дыхания растений [5]:

$$\text{NPP} = \text{GPP} - \text{AR}, (1)$$

где: NPP - чистая первичная продукция, GPP - валовая первичная продукция (интенсивность фотосинтеза), AR (autotrophic respiration или plant respiration) — интенсивность дыхания подземных (RR, root respiration) и надземных (APR, above phytomass respiration) органов растений.

Чистая первичная продукция (Net Primary Production, NPP - в англоязычной литературе) представляет собой количество органического вещества, созданного фитоценозом за единицу времени, и является важнейшей характеристикой экосистемы, запасом свободной энергии, которая обеспечивает протекание биотического круговорота углерода [5].

Соотношение GPP:NPP меняется в зависимости от условий, но в большинстве случаев оно составляет 2:1, т.е.  $\text{GPP} = 2 \text{NPP}$ .

Изучение и описание биотического круговорота углерода также подразумевает точное определение таких понятий, как: экосистемное дыхание (или ecosystem respiration, Reco) — это суммарный поток, объединяющий деструкционную составляющую углеродного цикла и дыхание растений (надземной и подземной частей) [3,5];

Чистая экосистемная продукция (Net Ecosystem Production, NEP) - результат годового цикла функционирования экосистемы (часто используют

для оценки баланса органического углерода в экосистемах), представляет составляющую продукционных и деструкционных процессов [3]:

$$NEP = NPP - MR \text{ (дыхание гетеротрофов)} \text{ (2)}$$

Эта величина имеет первостепенное значение и для биосферных балансовых расчетов.

Чистый экосистемный обмен (Net Ecosystem Exchange, NEE) - разность между количеством углекислого газа, выделенным в атмосферу при дыхании экосистемы (почва + растения), и количеством углекислого газа, поглощенным системой в процессе фотосинтеза [3]:

$$NEE = Reco - GPP \text{ (3)}$$

Отрицательный знак при количественной оценке NEE означает поглощение углерода экосистемой, положительный — выделение. В полевых исследованиях NEE определяется с помощью микрометеорологического метода турбулентных пульсаций или методом прозрачных камер. С некоторыми допущениями, можно принять, что на эквивалентных временных масштабах NEP и NEE - равнозначные величины, однако, имеющие противоположные знаки:  $NEP = -NEE$  [3,5].

*Объекты и методы исследования.* Исследование проводилось на Агроэкологическом стационаре Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В качестве опытной культуры высевался яровой ячмень сорта «ТСХА4» [2, 6].

Оценка баланса углерода и продукционного процесса возделываемой культуры проводилась методом турбулентных пульсаций (МТП). Оборудование для измерений было смонтировано на высоте 2,6 м от поверхности земли и включало: трехмерный звуковой анемометр (CSAT-3, Campbell Scientific Inc., США) и инфракрасный газовый анализатор закрытого типа (IRGA, LI-7200, Li-COR Inc., США). Быстрые данные с частотой 20 Гц были записаны регистратором данных (CR1000, Campbell Scientific Inc., США) в GHG-файлы, соответствующие 30-минутным интервалам. Также измерялись следующие метеорологические параметры: суммарная радиация (тепловые датчики NR01, Hukseflux Thermal Sensors B.V, Нидерланды), температура воздуха и относительная влажность (датчики HC2S3, Campbell Scientific, Inc., США) и тепловой поток на глубинах 10, 20 и 30 см (тепловые датчики HFP01, Hukseflux Thermal Sensors B.V., Нидерланды). Температура почвы и содержание воды измерялись на пяти глубинах (10, 15, 20, 25 и 35 см) с помощью комплексного датчика CS650 (Campbell Scientific Inc., США), фотосинтетическая активная радиация (ФАР) (LI-190SB, Li-COR Inc., США) и осадки (дождемер с опрокидывающимся ведерком TE525 MM, Texas Electronics, Техас, США). Все метеорологические данные измерялись каждые 10 сек., а затем они были усреднены за каждые полчаса.

Для расчетов получасовых значений чистого экосистемного обмена (NEE) исходные данные были обработаны с помощью программного обеспечения EddyPro, версия 7.0.9 (Li-COR Inc., США). Обработка данных была проведена стандартными методами и включала поворот координат с коррекцией наклона,

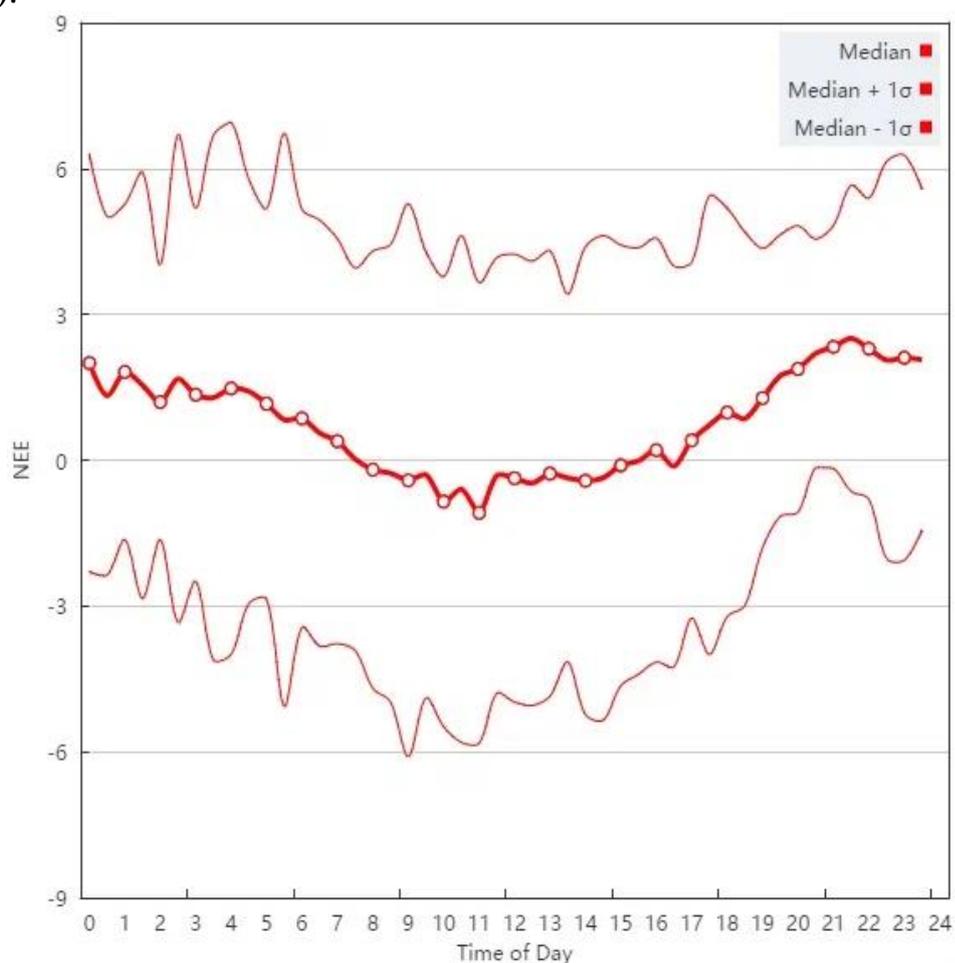
удаление тренда, исключение выбросов, исправления времени запаздывания между отдельными приборами. Также она включала коррекции низкочастотных эффектов, фильтрацию по Moncrieff и WPL-коррекцию. След потока (footprint) оценивался с помощью модели Kljun. Контроль качества потоков проводился по методу Foken. При моделировании учитывалось изменение высоты поверхности вследствие роста растения, а также шероховатость поверхности [5].

Расчеты NEE, а также разделение суточных потоков проводилось в ПО Tovi.

*Результаты и обсуждения.* Оценка потоков и пулов углерода в течение вегетационного периода в посевах ячменя в 2023 году заключалась как в оценке NEE, Reco и GPP, но и суточной динамики данных показателей (рис.1).

GPP и Reco достигали своего максимума в 11 часов утра и составляли  $3 \mu\text{моль}/\text{см}^2\text{ч}^{-1}$  и  $2,3 \mu\text{моль}/\text{см}^2\text{ч}^{-1}$  соответственно, что говорит о том, что процесс запасания углерода, проходил более активно, чем дыхание экосистемы.

По графику на рисунке 1 можно отметить, что исследуемая агроэкосистема большую часть времени теряла углерод, а наиболее активное запасание углерода происходило с 8 до 15 часов (максимум в 11 часов –  $1,8 \mu\text{моль}/\text{см}^2\text{ч}^{-1}$ ).



**Рис.1 Среднесуточная динамика NEE за вегетационный период,  $\mu\text{моль}/\text{см}^2\text{ч}^{-1}$**

Расчетное значение NEE за вегетационный период составило  $-57,3 \text{ гС м}^{-2}$ , то есть экосистема накопила данное количество углерода.

### Библиографический список

1. Агроэкологический мониторинг почвенных потоков закиси азота в природных и агрогенно измененных черноземах Центрально-черноземного заповедника / А. Тембо, М. Самарджич, Д. В. Морев [и др.] // Агрохимический вестник. – 2014. – № 5. – С. 19-24.

2. Александров, Н. А. Мониторинг фенофаз яровой пшеницы с помощью беспроводных сетей спектрометров / Н. А. Александров, И. А. Серегин // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова : сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 110-113.

3. Оценка потоков парниковых газов в экосистемах регионов Российской Федерации / В. Н. Коротков, А. А. Романовская, Д. В. Карелин [и др.] // Оценка потоков парниковых газов в экосистемах регионов Российской Федерации. – Москва: Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля", 2023. – С. 47-323. – EDN ATIRST.

4. Наилучшие доступные почво- и углерод-сберегающие технологии природопользования, экологического мониторинга и контроля / И. И. Васенев, Н. А. Александров, И. В. Андреева [и др.]. – Москва: Российский государственный аграрный университет- Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2023. – 240 с. – ISBN 978-5-6049459-1-9. – EDN LAPROA.

5. Экологический мониторинг эмиссии парниковых газов на уровне наземных экосистем / Ю. Л. Мешалкина, А. М. Ярославцев, И. И. Васенев [и др.] // Экологический мониторинг, моделирование и проектирование в условиях природных, городских и агроэкосистем, Москва, 01–11 июля 2015 года / Под общей редакцией И.И. Васенева, Р. Валентини. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Скрипта Манент", 2015. – С. 57-81. – EDN UIDVAR.

6. Agroecological assessment of spatial variability of carbon content in the conditions of disturbed sod-podzolic soils / D. Morev, V. Potapova, A. Yaroslavtsev // 3rd International Conference on Research of Agricultural and Food Technologies (I-CRAFT-2023) : Research of Agricultural and Food Technologies, Adana, Turkey, 04–06 октября 2023 года. Vol. 85. – Les Ulis: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. – P. 01063. – DOI 10.1051/bioconf/20248501063. – EDN NYPJMJ.

7. Spatially-temporal distribution of moisture content and dynamics of greenhouse gas emissions from upper soil horizons in floodplain fallow lands of Bashmakovsky district of Penza oblast / A. Buzylev, M. Tikhonova, E. Taller [et al.] // 3rd International Conference on Research of Agricultural and Food Technologies (I-CRAFT-2023) : Research of Agricultural and Food Technologies, Adana, Turkey,

УДК 631.95

## **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕЛЕНЬ КОРМ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА**

*Васильков Павел Феликсович, аспирант кафедры экологии, института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, p.f.vasilkov@yandex.ru*

*Научный руководитель: Мосина Людмила Владимировна, д.б.н., профессор кафедры экологии, института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, mosina.l.v@yandex.ru*

*Аннотация: Изучены агроэкологические свойства почв и фазы роста кукурузы в условиях дерново-подзолистых почв полевой опытной станции академии им. К.А. Тимирязева. Объектом исследования являлись три сорта кукурузы (Ладожский, Компетенс и Краснодарский). Изучение проводилось без применения удобрений и с использованием удобрения агрофоски (NPK 16:16:16).*

*Ключевые слова: Кукуруза, дерново-подзолистая почва, продовольственная безопасность, агроэкологические факторы.*

Выращивание кукурузы на зеленый корм является важным направлением сельского хозяйства, особенно в условиях Московского региона, где сельскохозяйственное производство играет значительную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Агроэкологическая характеристика почв является ключевым аспектом успешного выращивания кукурузы на зеленый корм, поскольку состояние почвы непосредственно влияет на урожайность и качество продукции. В данной статье мы рассмотрим основные агроэкологические особенности почв при выращивании кукурузы на зеленый корм в условиях Московского региона.

Московский регион характеризуется разнообразием почвенных типов, от черноземов до болотистых и торфянистых почв, что создает уникальные условия для сельскохозяйственного производства. При выращивании кукурузы на зеленый корм необходимо учитывать специфику почвенного покрова и его влияние на развитие растений. Анализ агроэкологических характеристик почв позволяет оптимизировать процессы обработки и удобрения, а также снизить риск возникновения заболеваний и паразитов, вредных для кукурузы.

Одним из ключевых аспектов агроэкологической характеристики почв является рН-уровень, который влияет на доступность питательных веществ для растений. В условиях Московского региона важно контролировать и