

## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОСОПРЯЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОДУКТИВНЫХ ПОТОКОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

*Цугленок Николай Васильевич*

*член-корреспондент РАН, доктор технических наук,  
профессор, вице-президент и научный руководитель  
Восточно-Сибирской ассоциации биотехнологических кластеров,  
г. Красноярск.*

**Аннотация:** В статье рассматривается показатель чувствительности энергосопряжения экологических технологических и продуктивных потоков в растениеводстве. Полученные зависимости  $E_p$  и  $d_j$  от  $E_{aj}$  являются отражением общих закономерностей энергонасыщения вещества как в биологических, так и в технологических процессах, и позволяют в динамике проследить за взаимодействием энергетических и продуктивных потоков в годовом сельскохозяйственном цикле. На примере используемых норм удобрений т.е. действие энергосодержания удобрений на урожайность биомассы т.е. на ее энергопродуктивность. При увеличении энергонасыщенности почв удобрениями  $E_{ауд.}$  наблюдается снижение энергопродуктивности растений, указывающее на энергетическое перенасыщение и снижение эффективности использования удобрений. Исследование динамики изменения энергопродуктивности  $E_p$  от количественно-качественного изменения антропогенного энергетического воздействия любого агротехнического приема  $E_{ai}$  позволяет, в свою очередь, установить количество энергии, необходимое на проведение агроприема, и по ее качеству определить максимальную чувствительность энергосопряжения эколого-биотехнологического цикла для использования антропогенной энергии с максимальной эффективностью.

**Abstract:** The article considers the sensitivity index of energy conjugation of ecological technological and productive flows in crop production. The obtained dependences of  $E_p$  and  $d_j$  on  $E_{aj}$  are a reflection of the general laws of energy saturation of a substance in both biological and technological processes, and allow us to dynamically monitor the interaction of energy and productive flows in the annual agricultural cycle. For example, the fertilizer norms used i.e. the effect of the energy content of fertilizers on biomass productivity i.e. on its energy productivity. With increasing energy saturation of soils with Yeaud fertilizers. a decrease in plant energy productivity is observed, indicating energy saturation and a decrease in the efficiency of fertilizer use. The study of the dynamics of changes in the energy productivity of  $E_p$  from a quantitative-qualitative change in the anthropogenic energy impact of any agrotechnical technique,  $E_{ai}$ , in turn, allows you to set the amount of energy required for agricultural reception, and by its quality to determine the maximum sensitivity of the energy conjugation of the ecological and biotechnological cycle to use anthropogenic energy with the maximum efficiency.

**Ключевые слова:** Показатель чувствительности энергосопряжения, экологические, технологические и продуктивные потоки, растениеводство.

**Keywords:** Energy conjugation sensitivity indicator, environmental, technological and productive flows, crop production.

Разработанная нами биоэнергетическая теория и концепция формирования и развития структуры АПК, ее информационного обеспечения и устойчивого развития растениеводства позволяет в любой зоне сформировать экономически эффективный комплекс производства растениеводческой продукции [7;12;17;22;25;26]. Разработанная теория энерготехнологического прогнозирования структуры технологических приемов в АПК, позволяет подобрать из них самые энергоэффективные для любых агроэкологических зональных условий [27, 28]. Разработанная теория энерготехнологического прогнозирования структуры технологических приемов в АПК, позволяет подобрать из них самые энергоэффективные для любых агроэкологических зональных условий [27, 28]. Результаты наших исследований доказали, что для подготовки семян к посеву наиболее приемлемые более энергетически совершенные технологии ВЧ и СВЧ обработки и обеззараживания семян от вирусных, грибных и бактериальных инфекций, исключают применение ядохимикатов [1;6;8;10;13;14;18;19;21;23;24]. Разработанные эффективные технологии сушки и обеззараживания при производстве продуктов питания ИК-лучами и ВЧ и СВЧ энергией позволяют получать экологически чистое продовольствие для человека [3;5;8;10]. Разработка автоматизированных систем искусственного освещения, облучения и обогрева теплиц терморезисторами позволяющая получить раннюю экологически чистую продукцию в Сибирских условиях [9-15,16 29].

Данные виды исследований позволили установить взаимосвязь номинальной энергопродуктивности  $E_n$  и величины энергонасыщения  $E_{aj}$  любого  $j$ -го энерготехнологического фактора в виде нелинейной зависимости, позволяющей определить потенциал максимальной энергопродуктивности  $E_{max}$  в точке с параметрами

энерготехнологического насыщения  $E \alpha_o^{(0)}$ .

При дальнейшем увеличении уровня энергонасыщения, т.е. количества энергии, подведенной на конкретной технологической операции, снижается энергопродуктивность меньше уровня номинального значения  $E_n$ .

Найденный динамический критерий чувствительности энергосопряжения эколого-биотехнологических циклов можно представить как:

$$\delta_T = \delta_{\varepsilon} \sum_{i=1}^n \delta_{ai} \quad (1)$$

где  $d_M$  – чувствительность по энергоэкологическим факторам воздействия определяется

$$\delta_{\varepsilon} = \sum_{i=1}^n \delta_{i\varepsilon} + \sum_{i=1}^n \delta_{ia} \quad (2)$$

Для определения функциональной зависимости  $d_i$  от основных экологических  $E_{\varepsilon i}$  и антропогенных факторов необходимо установить функциональное влияние всех факторов на динамику изменения, на энергопродуктивность  $E_n$ .

Выражение (2) позволяет определить чувствительность энергопродуктивности  $E_n$  к управляющим технологическим воздействиям  $E_{ai}$ .

Выражение (2) позволяет определить чувствительность энергопродуктивности  $E_n$  от величины технологического действиям  $E_{aj}$ .

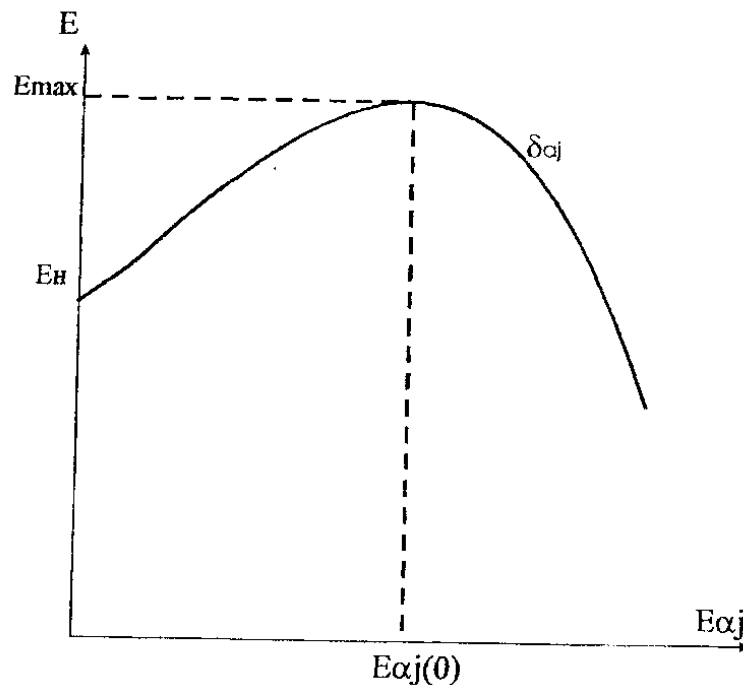


Рис.1. Зависимость номинальной энергопродуктивности  $E_n$  от величины энергвоздействия  $j$ -го энерготехнологического фактора

С учетом использования динамического критерия, выраженного в показателе чувствительности энергосопряжения эколого-биотехнологических циклов (1) и его значений (2), потенциальную энергопродуктивность в критериальной форме можно записать

$$E_n = \sum_{i=1}^n \partial E_{\varepsilon i} \delta_{i\varepsilon} + \sum_{i=1}^n \partial E_{ai} \delta_{ia} \quad (3)$$

$$\frac{\partial E_n}{\partial E_{\ominus i}} = const$$

Если учесть, что для конкретной зоны , то уравнение (3) можно записать

$$E_n = E_{\ominus} \eta_{\ominus} + \sum_{i=1}^n \partial E_{ai} \cdot \delta_{ia} \quad (4)$$

$$\delta_{\ominus} = \frac{\Delta E_{\Pi}}{\Delta E_{\ominus}} \quad (5)$$

$\delta_a$  – чувствительность по энерготехнологическим факторам воздействия определяется

$$\delta_a = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta E'_{\Pi_i}}{\Delta E_{a_i}} \quad (6)$$

где  $D_{\Pi}$  и  $D_{\Pi_i}$  – соответственно приращения потенциальной энергии, накопленной в биомассе растений от приращения использованной энергии экологических источников и приращения использованной энергии антропогенных источников  $D_{a_i}$ .

Аналогично определяются частные критерии чувствительности по отдельным звеньям или технологическим приемам.

$$\delta_{i\ominus} = \frac{\partial E_{\Pi}}{\partial E_{\ominus i}} \quad \delta_{ia} = \frac{\partial E_{\cdot}}{\partial E_{aj}} \quad (7)$$

где  $\eta_{\Pi}$  и  $dE'_{\Pi}$  – соответственно приращения энергопродуктивности от уровня энергонасыщения экологической зоны, местности, поля  $\eta_{E_{\ominus i}}$  и технологического звена или технологического приема  $\partial E_{ai}$ . В линейном приближении с учетом выражений (4)

$$E_n = \sum_{i=1}^n \delta_{i\ominus} \Delta E_{\ominus i} \quad (8)$$

$$\Delta E_n = \sum_{i=1}^n \delta_{ia} \Delta E'_{aj} \quad (9)$$

$$\delta_{\ominus'} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{i\ominus} \Delta E_{i\ominus}}{\sum_{i=1}^n \Delta E_{i\ominus}} \quad (10)$$

Таким образом, общая чувствительность к антропогенным источникам воздействия с учетом (6)

$$\delta_a = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{ai} \Delta E_{ai}}{\sum_{i=1}^n \Delta E_{aj}} = \sum_{i=1}^n \delta_{aj} \quad (11)$$

Сумма чувствительностей по различным экологическим и антропогенным энергвоздействиям или общий критерий чувствительности энергосопряжения биотехнологических циклов с учетом (10) и (11) как  $\delta_{об} = \delta_{\kappa} + \delta_a$ .

На основании выражений для  $E_{max}$   $\frac{\partial E_{max}}{\partial E_{\alpha_i}}$  могут быть определены и исследованы:  
а) коэффициент использования антропогенной энергии

$$\eta_a = \frac{E_n}{E_a} = \frac{E_{max}}{\sum_{j=1}^n E_{\alpha_j} + \sum_{j=n+1}^n E_{pj}}, \quad (12)$$

где  $E_{aj}$ ,  $E_{pj}$  – энергозатраты, связанные с видами энергвоздействий;

б)  $\delta_a$  – показатель чувствительности сопряжения энергетических и продуктивных потоков в растениеводстве.

$$\delta_a = \frac{\Delta E_n}{\Delta E_a} = \frac{\sum_{i=0}^n \delta_i \Delta E_{\alpha_i}}{\sum_{i=1}^n \Delta E_{\alpha_i}}, \quad (13)$$

выступающий в качестве критерия оптимизации сопряжения энергопродуктивных потоков в технологических системах растениеводства.

Используя данную зависимость (13), можно проводить исследование по изменению энергетического дохода по выражению (2) в зависимости от заданного набора структурных технологических звеньев и приемам, и величинам, и уровня их воздействия.

$$\mathcal{E}_{y\delta} = \sum_{i=1}^n E_{п.уд} F_i + \sum_{i=0}^n \mathcal{E}_{ai} \mathcal{E}_{ai}. \quad (14)$$

Данный очень важный вывод наглядно иллюстрируется примером по внесению минеральных удобрений в СССР с 1940 года [24]. Из рис. 2. видно, что резкое увеличение объема использования минеральных удобрений, особенно в последние годы, не приводит к существенному увеличению урожайности овощных и зерновых культур.

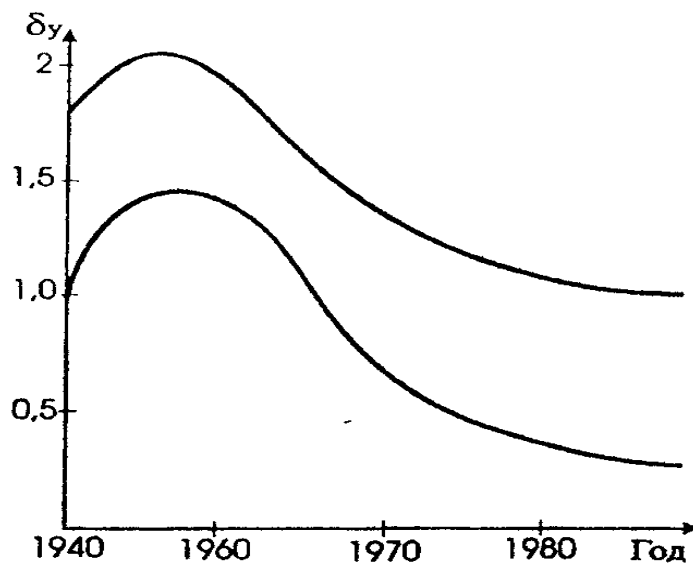


Рис. 2.. Изменение чувствительности  $\delta_y$  урожая зерновых (1) и овощных (2) культур к внесению минеральных удобрений в сельском хозяйстве страны

Изменение чувствительности  $d_{с4}$  к воздействию минеральных удобрений  $E_{ayд}$  (рис. 2.) на фоне существующего технологического комплекса указывает на энергонасыщение по этому виду уже на уровне использования 1960 года, где  $d_{с4}=1$ . Дальнейшее повышение объемов использования удобрений снижает энергетическую чувствительность  $d_{с4}<1$ .

Исследование динамики изменения энергопродуктивности  $E_n$  от количественно-качественного изменения антропогенного энергетического воздействия агротехнического приема  $E_{ai}$  позволяет, в свою очередь, установить количество энергии, необходимое на проведение агроприема, и по ее качеству определить максимальную чувствительность энергосопрежения эколого-биотехнологического цикла для использования антропогенной энергии с максимальной эффективностью.

При переводе используемых норм удобрений в энергосодержание действующего вещества и урожайности биомассы в энергопродуктивность при увеличении энергонасыщенности почв удобрениями  $E_{ayд}$ , наблюдается снижение энергопродуктивности, указывающее на энергетическое перенасыщение и снижение эффективности использования удобрений.

Аналогично можно исследовать и подобрать по приращению энергопродуктивности  $D_{ni}$  и коэффициенту чувствительности энергосопрежения максимальную эффективность использования антропогенной энергии  $E_{aj}$   $j$ -го звена в зависимости от ее количественных и качественных характеристик и сформировать цельный структурно-организованный, энергоэкономичный комплекс производства продукции растениеводства по совокупности временных, энергетических, продуктивных и социально-стоимостных показателей.

#### Список литературы

1. Влияние электромагнитного поля высокой частоты на энергию прорастания и всхожесть семян томата. Юсупова Г.Г., Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Бастрон А.В., Бастрон Т.Н. Вестник КрасГАУ 2002. С. 21.
2. Высокоэнергетическая кормовая культура топинамбур в кормопроизводстве Красноярского края. Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Аникиенко Т.Н. Вестник КрасГАУ 2007. №4 С. 127-130.
3. Влияние импульсной инфракрасной сушки на сохранность активно действующих веществ. Алтухов И.В., Цугленок Н.В., Очиров В.Д. Вестник Ставрополя 2015. №1(17) С. 7-10.
4. Иммитационные модели пространственно распределенных экологических систем. Лапко А.В., Цугленок Н.В., Цугленок Г.И. Ответственный Редактор: д.т.н., профессор А.В.Медведев. Новосибирск, 1999.
5. Использование СВЧ энергии при разработке технологии диетических сортов хлеба. Цугленок Н.В., Юсупова Г.Г., Цугленок Г.И., Коман О.А. Ж. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. №2. С. 16-17
6. Исследование температурных полей при предпосевной обработке семян масличных культур ЗМПСВЧ. Бастрон А.В., Исаев А.В., Мещеряков А.В., Цугленок Н.В. Вестник КрасГАУ. 2011. №2-1. С. 4-8.
7. Концепция информатизации аграрной науки Сибири. Гончаров П.Л., Курцев И.В., Донченко А.С., Кашеваров Н.И., Чепурин Г.И. и др., СО РАСХН; Отв. За выпуск А.Ф.Алейников, А.И.Оберемченко. Новосибирск, 2003.

8. Комплексная система обеззараживания зерна и продуктов его переработки. Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Юсупова Г.Г. ; М-во Сел. Хоз-ва РФ, Краснояр. Гос. Аграр. Ун-т. Красноярск, 2004.
9. Лабораторный практикум и курсовое проектирование по освещению и облучению. Долгих П.П., КунгсЯн.А., Цугленок Н.В. Учебное пособие для студентов, М-во Сел. Хоз-ва РФ, Краснояр. Гос. Аграр. Ун-т. / Красноярск, 2002.
10. Методы и математические модели процесса обеззараживания продовольственного зерна. Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Юсупова Г.Г. Учеб. пособие для студентов Вузов ; М-во Сел. Хоз-ва РФ, Краснояр. Гос. Аграр. Ун-т. Красноярск, 2004.
11. Мелкоплодные яблоки Сибири в функциональном питании. Типсина Н.Н., Цугленок Н.В. Вестник КрасГАУ. 2009. № 1 (28). С. 152-155.
12. Оценка влияния оптимальных показателей работы машинно-тракторных агрегатов на энергозатраты технологического процесса. Цугленок Н.В., Журавлев С.Ю. Вестник КрасГАУ. 2010. №10(49). С. 146-152.
13. Обеззараживание и подготовка семян к посеву. Цугленок Н.В. Вестник КрасГАУ. 1984. № 4. С. 4
14. Обеззараживающее действие электромагнитного поля высокой частоты на семена томата. Юсупова Г.Г., Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Бастрон А.В., Бастрон Т.Н. Вестник КрасГАУ, 2002. С. 33.
15. Резисторы из композитов в системах энергообеспечения агропромышленных комплексов. Горелов С.В., Кислицин Е.Ю., Цугленок Н.В. Вестник КрасГАУ. 2006. № 6. С. 314-319.
16. Резисторы в схемах электротеплоснабжения Горелов С.В., Кислицин Е.Ю., Цугленок Н.В. Красноярск, 2008. (2-е издание, переработанное и дополненное)
17. Состояние социально-трудовой сферы села и предложения по ее регулированию. Ежегодный Доклад по результатам Мониторинга 2006 Г / Ответственные за подготовку Доклада: Д. И. Торопов, И.Г. Ушачев, Л.В. Богдаренко. Москва, 2007. Том Выпуск 8.
18. Способ обработки семян и устройство для его осуществления. Цугленок Н.В., Шахматов С.Н., Цугленок Г.И. Патент на изобретение RUS 2051552 22.04.1992
19. Система защиты зерновых и зернобобовых культур от семенных инфекций. Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Халанская А.П.; М-Во Сел. Хоз-Ва Рос. Федерации, Краснояр. Гос. Аграр. Ун-Т. Красноярск, 2003.
20. Технология и технические средства производства экологически безопасных кормов. Цугленок Н.В., Матюшев В.В. М-во Сел. Хоз-ва РФ, Краснояр. Гос. Аграр. Ун-т. Красноярск, , 2005.
21. Технология и технические средства обеззараживания семян энергией СВЧ-поля. Бастрон А.В., Мещеряков А.В., Цугленок Н.В. Вестник КрасГАУ. 2007. № 1. С. 268-271
22. Цугленок Н.В. Формирование и развитие технологических комплексов растениеводства. Вестник КрасГАУ. 1997. № 2. С. 1.
23. Цугленок Н.В. Формирование и развитие структуры электротермических комплексов подготовки семян к посеву. Авт-т дис.. Докт. Техн. наук / Красноярск. Барнаул, 2000.
24. Цугленок Н.В. Формирование и развитие структуры электротермических комплексов подготовки семян к посеву. Диссерт. На соискание докт-ра техн. наук / Красноярск, 2000
25. Цугленок Н.В. Концепция устойчивого развития АПК Красноярского края. Вестник КрасГАУ. 1996. № 1. С. 1.
26. Цугленок Н.В. Биоэнергетическая концепция формирования технологических комплексов АПК. Вестник КрасГАУ. 1998. № 3. С. 9.
27. Цугленок Н.В. Энерготехнологическое прогнозирование структуры АПК. Вестник КрасГАУ, 2000. № 5. С. 1.
28. Цугленок Н.В. Энерготехнологическое прогнозирование. Учеб. пособие для студентов Вузов по Агроинженер. Специальностям; М-во Сел. Хоз-ва РФ, Красноярск, 2004.
29. Энерготехнологическое оборудование тепличных хозяйств. Цугленок Н.В., Долгих П.П., КунгсЯн.А. Учебное пособие для Вузов / Красноярск, 2001.
30. Эколого-энергетические и медико-биологические свойства топинамбура. Аникиенко Т.И., Цугленок Н.В.; М-во Сельского хоз-ва РФ, Красноярск, 2008.