

## ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

*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 рассматриваются основы энерготехнологического прогнозирования агротехнологических приемов. Для заданного изменения свойств семян, почвы, растений и полученной сельскохозяйственной продукции используется соответствующая система машин, объединенная в функциональной схеме по назначению в отдельные блоки. В предлагаемом аналитическом уравнении общий биоэнергетический КПД  $\eta$ , энергопродуктивности растений входит КПД ФАР и КПД антропогенных технологических циклов  $\eta_a$ , связанных с использованием машинных технологических комплексов и соответствующих суммарных затрат антропогенной энергии  $\sum E_{ai}$ . С учетом совокупного биоэнергетического КПД  $\eta = \eta_{\text{с}} + \eta_a$  и суммарных затрат антропогенной энергии  $\sum E_{ai}$ . После зонального выбора культур и сортов, проведенного на основе анализа энергопродуктивности, по расчетам данного уравнения проверяли второй технологический уровень энергетического совершенства используемых агротехнических приемов и применяемой системы машин для исключения несовершенных технологических агроприемов и предложения новой структуры энергетически эффективных машинно-технологических комплексов производства продукции растениеводства и как производной животноводства.

**Abstract:** The article discusses the basics of energy-technology forecasting of agrotechnological techniques. For a given change in the properties of seeds, soil, plants and agricultural products obtained, the corresponding system of machines is used, combined in a functional diagram as intended in separate blocks. In the proposed analytical equation, the general bioenergy efficiency, plant energy productivity includes the efficiency of the PAR and the efficiency of the anthropogenic technological cycles associated with the use of machine technological complexes and the corresponding total cost of anthropogenic energy  $E_{ai}$ . Given the total bioenergy efficiency  $\eta = \eta_{\text{с}} + \eta_a$  and the total cost of anthropogenic energy  $E_{ai}$ . After the zonal selection of crops and varieties, based on an analysis of energy productivity, according to the calculations of this equation, we checked the second technological level of energy excellence of the used agrotechnical methods and the used system of machines to eliminate imperfect technological agricultural practices and suggest a new structure of energy-efficient machine-technological complexes for crop production and how derivative of livestock.

**Ключевые слова:** Энерготехнологическое прогнозирование, агротехнологические приемы, машинно-технологический комплекс, антропогенная энергия, биоэнергетический КПД.

**Key words:** Energy-technology forecasting, agrotechnological techniques, machine-technological complex, anthropogenic energy, bioenergy efficiency.

Наибольший интерес для комплексных исследований рациональной структуры антропогенных воздействий при управлении максимального формирования биомассы в существующих региональных агроэкологических системах представляет подсистема Энерготехнологических и машинных энерготехнологических воздействий, где расходуется наибольшее количество антропогенной энергии, и, наряду с экологическими, сосредоточены основные антропогенные воздействия на семена, почву, растения и полученную сельскохозяйственную продукцию.

Для заданного изменения свойств семян, почвы, растений и полученной сельскохозяйственной продукции используется соответствующая система машин, объединенная в функциональной схеме по назначению в отдельные блоки.

Кроме того, общий биоэнергетический КПД  $\eta$ , энергопродуктивности растений входит и КПД антропогенных технологических циклов  $\eta_a$ , связанных с использованием машинных технологических комплексов и соответствующих суммарных затрат антропогенной энергии  $\sum E_{ai}$ .

С учетом совокупного биоэнергетического КПД  $\eta = \eta_{\text{с}} + \eta_a$  и суммарных затрат антропогенной энергии  $\sum E_{ai}$  выражение примет следующий вид:

$$E_{\Pi} = E_3 \eta_3 + \sum_{i=1}^n E_{ai} \cdot \eta_{ai} \quad (1)$$

где  $\Delta E_{ni}$  – прибавка энергопродуктивности, приходящаяся на  $i$ -е звено антропогенного технологического комплекса. Тогда

$$\eta_a = \frac{\Delta E_{ni}}{\sum_{i=1}^n E_{ai}} \quad (2)$$

Биоэнергетический КПД, позволяющий оценить значимость того или иного технологического приема  $E_{ai}$  по прибавке энергопродуктивности  $\Delta E_{ni}$  от его воздействия.

$$\delta_i = \frac{\Delta E_{ni}}{\Delta E_{ai}}$$

Для проверки чувствительности энергосопряжения эколого-биотехнологических циклов при постадийных энерготехнологических воздействиях на энергопродуктивность  $E_n$ , определения степени эволюционного развития и установления их иерархии по эффективности действия, воспользуемся результатами исследований ВНИИСХа [72] с анализом данных за последние 30 лет. Как следует из более 500 литературных источников, сумма прибавок от различных технологических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур в десятой пятилетке превышала среднегодовую урожайность на 200-600%, что, конечно, очень далеко от истины. Была предложена поправка прибавки урожая, максимум которой определен 70% и был сделан соответствующий перевод 200-600% прибавок от различных технологических приемов на фактические – не превышающие 70% [24].

Полученные авторами данные указывают на некоторую иерархию прибавок по пшенице и ячменю от максимальных к минимальным. Пар и внесение минеральных удобрений – 17-23%. Основное внесение минеральных удобрений 9-17%. Зяблевая обработка почвы 5-10%. Снегозадержание 5-10%. Рядковое внесение минеральных удобрений 4-9%. Химическая прополка 4-7%. Обработка ядохимикатами 4-6%. Предпосевная культивация 4-6%. Протравливание семян 3-5%. Лушение 2-4%. Прикатывание 2-4%. Боронование 2-4%. В данной работе подчеркивается существенное влияние временных параметров на технологические эффекты.

Например, при посеве с отклонением от оптимальных сроков от одной до двух недель потери урожая достигают от 6 до 37%. При уборке с отклонением от оптимальных сроков от 14 до 25 дней потери зерна составляют от 8 до 46%. Эти данные свидетельствуют о том, что использование энергоемких технологических приемов, малозначащих для прибавки урожая, и нерациональное использование временных параметров практически нивелируют основную прибавку урожая, что в конечном итоге и приводит к увеличению потребления энергетических и материальных ресурсов при незначительном увеличении продуктивности в растениеводстве.

Расчеты, приведенные с использованием уравнения (2), позволили определить иерархию различных агроприемов, используемых в Восточной Сибири.

$$\delta_i = \frac{\Delta E_{ni}}{\Delta E_{ai}}$$

Для проверки чувствительности энергосопряжения эколого-биотехнологических циклов при постадийных энерготехнологических воздействиях на энергопродуктивность  $E_n$ , определения степени эволюционного развития и установления их иерархии по эффективности действия.

Расчеты, приведенные с использованием уравнения (2), позволили определить иерархию различных агроприемов, используемых в Восточной Сибири, по чувствительности их энергосопряжения и установить стадии их развития (табл. 1, табл. 2).

Наглядно видно, что при уровне урожайности пшеницы 8-16 ц/га, что имеет место в таежной и подтаежной зоне Красноярского края, некоторые агроприемы имеют энерготехнические затраты выше процента прибавки энергопродуктивности и чувствительности энергосопряжения этих агроприемов  $\delta_i < 1$ .

Такие энергетически несовершенные агроприемы можно применять только при строгом предварительном экономическом расчете.

Для правильной организации интенсивного структурно-организованного технологического комплекса при

$$\sum_{i=1}^n \delta_i$$

увеличении суммарной чувствительности энергосопряжения  $\delta_i > 1$  агроприемы с недостаточной степенью эволюционного развития исключить и, наоборот, добавить в существующий комплекс эффективные агротехнические методы, увеличивающие энергопродуктивность с высокой степенью чувствительности.

Таблица 1.

**Чувствительность энергопродуктивности  $\Delta E_n$  яровой пшеницы к энерготехнологическим воздействиям  $E_{ai}$  в Восточной Сибири при средней урожайности в подтаежных зонах 16 ц/га**

№ п/п	Вид энергетического воздействия $E_{ai}$	Прибавка,урожая %	Прибавка урожая, ц/га	Энергосодержание прибавки урожая, МДж/га	Энергозатраты, МДж/га	Чувствительность энергосопряжения
1	Обработка почвы под пар с внесением минеральных удобрений	20	3,20	4096	6067	0,68
3	Зяблевая обработка	5	0,80	1024	1557	0,66
4	Подготовка семян к посеву	3,5	0,56	717	263	2,73
5	Лущение почвы	4	0,64	819	554	1,48
6	Предпосевная культивация	4	0,64	819	246	3,33
7	Обработка семян ядами	4	0,64	819	255	3,21
8	Закрытие влаги боронованием	3	0,48	614	199	3,09
9	Боронование всходов	2	0,32	410	199	2,06
10	Химпрополка	4	0,64	819	255	3,21

Наглядно видно, что при максимальном уровне урожайности пшеницы 16 ц/га, что имеет место в подтаежной зоне и 10-12 ц/га в таежной зоне Красноярского края, некоторые бывшие агроприемы имеют энерготехнические затраты выше процента прибавки энергопродуктивности и чувствительность энергосопряжения этих агроприемов  $\delta_i < 1$ .

Такие энергетически несовершенные агроприемы можно применять только при строгом предварительном экономическом расчете.

При уровне урожайности пшеницы в 32 ц/га, получаемом в некоторых зонах Красноярской лесостепи (табл.1), все агротехнические приемы практически энергетически совершенны, поскольку чувствительность этих агроприемов и используемой техники  $\delta_i > 1$ . В этом случае путем исключения некоторых менее эффективных агроприемов можно оптимизировать энергетический или стоимостный доходы. Аналогичная картина наблюдается и по ячменю (табл. 2).

В этом случае путем исключения некоторых менее эффективных агроприемов можно оптимизировать энергетический или стоимостный доходы. Аналогичная картина наблюдается и по ячменю (табл. 2.4).

Для правильной организации интенсивного структурно-организованного технологического комплекса при

$$\sum_{i=1}^n \delta_i > 1$$

увеличении суммарной чувствительности энергосопряжения

Используя предложенные целевые функции энергетического и стоимостного доходов (2.2) и (2.3), можно провести на основании уже имеющихся данных детальное исследование отдельных частей общей структуры

применяемых агротехнических методов и их поэтапного энергетического воздействия  $\sum_{i=1}^n E_{ai}$  на приращение энергопродуктивности  $\Delta E_{ni}$  от каждого из них.

Данный подход позволяет применить метод эффективного исключения энергетически несовершенных агротехнических приемов путем построения иерархической системы существующих агроприемов по энергетическому доходу и с использованием принятых решений предсказать будущие схемы технологических комплексов, которые для разных экологических зон будут разными.

Таблица 2.

**Чувствительность энергопродуктивности  $\Delta E_n$  яровой пшеницы к энерготехнологическим воздействиям  $E_{ai}$  в Восточной Сибири при средней урожайности 32 ц/га**

№ п/п	Вид энергетического воздействия $E_{ai}$	Прибавка, %	Прибавка, ц/га	Энергосодержащие прибавки, МДж/га	Энергозатраты, МДж/га	Чувствительность энергосопряжения
1	Обработка почвы под пар с внесением минеральных удобрений	20	6,40	8192	6067	1,36
2	Посев с внесением минеральных удобрений	6	2,88	3686	2514	1,46
3	Зяблевая обработка	5	1,60	2048	1557 - вспашки	1,32
4	Подготовка семян к посеву	3,5	1,12	1434	263	5,46
5	Лушение	4	1,28	1638	554	2,96
6	Предпосевная культивация	4	1,28	1638	246	6,66
7	Химпрополка	4	1,28	1638	255	6,42
8	Обработка ядами	4	1,28	1638	255	6,42
9	Закрытие влаги	3	0,96	1228	199	6,18
10	Боронование всходов	2	0,64	820	199	4,12

**Чувствительность энергопродуктивности  $\Delta E_n$  ярового ячменя  
к энерготехнологическим воздействиям в Восточной Сибири  
при урожайности 27,5 ц/га**

№ п/п	Вид энергетического воздействия	Прибавка, %	Прибавка, ц/га	Энергосодержащие прибавки, ц/га	Энергозатраты, МДж/га	Коэффициент чувствительности
1	Лущение	4	1,1	1188	554	2,14
2	Зяблевая обработка	9	2,48	2678	1557	1,72
3	Вспашка и внесение минеральных удобрений	11	3,03	3272	3897	0,84
4	Посев и рядковое внесение минеральных удобрений	4	1,1	1188	2514	0,47
5	Закрытие влаги	3	0,83	893	199	4,49
6	Предпосевная культивация	6	1,65	1782	246	7,24
7	Протравливание семян	3	0,83	893	263	3,40
8	Боронование всходов	3	0,83	893	199	4,49
9	Химпрополка	7	1,93	2084	255	8,17
10	Обработка ядами	4	1,1	1188	255	4,66

Используя предложенные целевые функции энергетического и стоимостного доходов [23;24], можно провести на основании уже имеющихся данных детальное исследование отдельных частей общей структуры

применяемых агротехнических методов и их постадийного энергетического воздействия  $\sum_{i=1}^n E_{ai}$  на приращение

энергопродуктивности  $\Delta E_{ni}$  от каждого из них.

Данный подход позволяет применить метод эффективного исключения энергетически несовершенных агротехнических приемов путем построения иерархической системы существующих агроприемов по энергетическому доходу и с использованием принятых решений предсказать будущие схемы технологических комплексов.

Данный подход позволяет упорядочить структуру используемых агротехнических приемов в конкретных зонах, определить уровень их энергетической активности по величине чувствительности и установить уровень развития по признакам интенсивный или экстенсивный.

После зонального выбора культур и сортов, проведенного на основе анализа энергопродуктивности, необходимо проверить второй технологический уровень энергетического совершенства используемых агротехнических приемов и применяемой системы машин.

Руководствуясь разработанной моделью управления энергопродуктивностью, с учетом иерархии подсистем), направленных от высшего уровня к низшему, по вертикалям и горизонталям, необходимо сформировать структурно-организованный, энергоэкономичный технологический комплекс, обеспечивающий максимальное постадийное приращение энергосодержания полученной продукции от принятых доз энергетических воздействий отдельных агроприемов при последующей оптимизации величины их энергетических воздействий.

#### 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. КрасГАУ, 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 / КрасГАУ. Барнаул, 2000.
24. Цугленок Н.В. Формирование и развитие структуры электротермических комплексов подготовки семян к посеву. Диссерт. На соискание док-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, КрасГАУ. Красноярск, 2004.
29. Энерготехнологическое оборудование тепличных хозяйств. Цугленок Н.В., Долгих П.П., КунгсЯн.А. Учебное пособие для Вузов / КрасГАУ, Красноярск, 2001.

30. Эколого-энергетические и медико-биологические свойства топинамбура. Аникиенко Т.И., Цугленок Н.В.; М-во сельского хоз-ва РФ, КрасГАУ.. Красноярск, 2008.