

нових підходів до організації виробництва рослинницької продукції на зрошуваних землях, планування та оперативного управління режимами зрошення. Для вирішення проблем зрошуваного землеробства в Україні необхідно сконцентруватись на виконанні таких стратегічних напрямів: розробити та впровадити заходи з покращення вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур за рахунок застосування вологоощадних способів основного обробітку ґрунту; оптимізувати структуру посівних площ, сівозмін, систем удобрення та захисту рослин; розробити адаптивні режими зрошення до конкретних полів і сівозмін на основі врахування витрат води культурами та випаровування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Балюк С.А. Проблеми зрошення в Україні в контексті зарубіжного досвіду / С.А. Балюк, М.І. Ромащенко // Вісник ХДАУ. – 2000. – №1. – С. 27–35.
2. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель / за наук. ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, В.А. Сташука. – К.: Аграрна наук, 2009. – 624 с.
3. Сохранить и приумножить на практике «кукуруза - рис - пшеница». Практическое руководство по устойчивому производству зерновых // ФАО ООН. – Рим, 2016. Режим доступу. – <http://www.fao.org/3/a-i5318r.pdf>.
4. Сніговий В.С. Проблеми землеробства й ефективність сучасного виробництва / В.С. Сніговий // Таврійський науковий вісник. – 2003. – Вип. 27. – С. 29-33.
5. Бабич А.О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси / А.О. Бабич. – К., Аграрна наука, 1996. – 133 с.
6. Ромащенко М.І. Зрошення земель в Україні / М.І. Ромащенко, С.А. Балюк. – К.: Світ, 2000. – 112 с.
7. Морозова И.В. Изменение возможной суммарной солнечной радиации на земной поверхности / И.В. Морозова, Г.Н. Мясников // Метеорология и гидрология. - 1997. - №10. - С. 38-48.
8. Лисогоров К.С. Наукові основи використання зрошуваних земель у степовому регіоні на засадах інтегрального управління природними і технологічними процесами / К.С. Лисогоров, В.А. Писаренко // Таврійський науковий вісник. – 2007. – Вип. 49. – С 49-52.
9. Григоров М.С. Водосберегающие технологии выращивания с.-г. культур / М.С. Григоров. – Волгоград: ВГСХА, 2001.-169 с.
10. Тарарико Ю.А. Формирование устойчивых агроэкосистем. – К.: ДИА, 2007. – 560 с.
11. Дергач І.В. Розвиток зернового виробництва та його адаптивної інтенсифікації в умовах ринку / І.В. Дергач // Економіка АПК.- 2007.- № 5.- С. 102-104.
12. Ромко А.В. Создание интегрированной модели агрогеоценоза на мелиорированных землях / А.В. Ромко // Матер. междунар. конф. "Наукоёмкие технологии в мелиорации". – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2005. – С. 385-389.

УДК 631.43

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ФИТОЦЕНОЗА В РАСЧЕТАХ ЕГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

**Герайзаде А.П.** - д.с.х.н., профессор Институт Почвоведения и агрохимии НАНА,  
**Гюлялыев Ч.Г.** - к.с.х.н., доцент Институт Географии НАНА  
**Мамедов Н.А.** - к.с.х.н., доцент Бакинский государственный университет

*В работе научно обосновано целесообразность использования энергии, аккумулированной различными фитоценозами, при расчетах водного баланса. Теплоту сгорания органической массы растений определяли методом жидкостной калориметрии. Представлено количество энергии, содержащееся в массе различных растений, и рассчитаны соответствующие коэффициенты полезного использования энергии фитоценоза. Предложена усовершенствованная формула теплового баланса.*

**Ключевые слова:** водный режим, транспирация, тепловой баланс, энергия сгорания, калориметрия, водопотребление.

**Герайзаде А.П., Гюлялыев Ч.Г., Мамедов Н.А. Використання енергетичного балансу фітоценозу в розрахунках його водоспоживання**

*У статті науково обґрунтована доцільність використання енергії, акумульованої різними агрофітоценозами при розрахунках водного балансу. Теплоту згорання органічної маси рослин визначали методом рідинної калориметрії. Показано кількість енергії, зосередженої в масі різних рослин та розраховані відповідні коефіцієнти корисного використання енергії фітоценозу. Запропонована удосконалена формула теплового балансу.*

**Ключові слова:** водний режим, транспірація, тепловий баланс, енергія згорання, калориметрія, водоспоживання.

**Gerayzade A.P., Gyulalyev Ch.G., Mamedov N.A. Using phytocenosis energy balance in calculating its water consumption**

*The paper scientifically proves the expediency of using the energy accumulated by various phytocenoses in water balance calculations. The heat of combustion of organic mass of plants was determined by the method of liquid calorimetry. The study determines the amount of energy contained in the mass of different plants, and calculates the corresponding coefficients of efficient use of phytocenosis energy.*

**Keywords:** water regime, transpiration, heat balance, combustion energy, calorimetry, water consumption.

**Постановка проблеми.** В орошаемом земледелии почвы, преимущественно хорошо обеспечены теплом, подвергаются поливам, с которыми поступает как вода так и энергия. В связи с энергетическим кризисом, а также глобальным потеплением, во всех сферах народного хозяйства к проблеме оптимального баланса в системе «почва-растение-окружающая среда» следует подойти с позиции принципа энергетической и экономической рациональности. В данной работе рассматриваются возможности создания энергетических моделей в сельскохозяйственном производстве, учитывающих общую суммарную солнечную радиацию, поступающую на поверхность и ее распределение в системе почва-растение-атмосфера.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В верхнем пахотном слое почвы всегда возникают градиенты температуры и влаги, присутствие которых является отличительным признаком систем почвы и климата. Эти процессы связаны с основными законами теплового и водного обмена и режимами почвы [1,2,3,9,10,11].

При рассмотрении поведения воды в почве, должны учитываться температурные градиенты, а при исследовании температурного режима поля необходимо брать во внимание ее влажность, поскольку они непосредственно и взаимно участвуют в перемещении воды и тепла в почве.

Это определяет динамику запасов влаги, влияет на передвижение водорастворимых веществ по профилю и т.д. В тоже время градиент влажности способствует как переносу воды, так и перемещению тепла [4, 5]. Этот эффект взаимосвязи влияет на передвижение тепла и влаги в более глубокие слои почвы и существенно влияет на тепловой и водный режимы почвы. Таким образом, присутствие на поверхности почвы энергии и воды способствуют образованию градиентов влаги и температуры также и в более глубоких горизонтах почвы [7, 8, 9].

При рассмотрении взаимосвязанного движения тепла и воды в почве, должны быть учтены температурные и влажностные градиенты, непосредственно участвующие в их переносе в почве [3,5]. Вода перемещаемая градиентом температуры, называется термотрансферной или термоградиентной влагой, она может повлиять на динамику запасов влаги, как в доступной так и в недоступной для растений форме, и в целом, на динамику водного режима, определяющее передвижение водорастворимых веществ в почвенном профиле. Тепло, переносимое за счет градиента влажности, условно называется влажноградиентным переносом тепла. Кроме всего этого, взаимосвязанный эффект переноса вызывает изменение тепловых свойств более глубоких горизонтов почвы, образуя своего рода тепловые и водные потоки в более глубокие слои почвы, тем самым существенно способствуя формированию теплового и водного режимов почвы.

**Изложение основного материала исследования.** Внедрение энергетических подходов в сельскохозяйственное производство диктуется требованием времени. Оно может способствовать решению как экономических так и экологических проблем, содействуя утилизации пожнивных остатков и оптимальному использованию поливной воды и солнечной энергии.

Градиент температуры в почве также вызывает перемещение воды через испарение и конденсацию, которые включают в себя сопутствующую передачу скрытой энергии. Солнечное излучение, являясь основной природной движущей силой в передвижении тепла и жидкости, участвует почти во всех термодинамических процессах на земле. Таким образом, в открытой для энергии и вещества системе почва-растение-атмосфера, термодинамическое состояние постоянно меняется. Основная роль при этом принадлежит циклическому суточному и годовому характеру изменений, приходящих на земной поверхности под воздействием лучистой энергии Солнца. При этом важную роль играют коэффициенты переноса тепла и влаги в системе почва-растение-атмосфера

Для построения модели тепло-влагопереноса в системе почва-растение-атмосфера для конкретного сельскохозяйственного угодья, следует учесть циклический характер поступления солнечной энергии на земную поверхность, и состояние окружающей среды. На входе и выходе системы предлагается учесть количество расхода тепла и влаги. Для этой цели предлагается определить коэффициенты переноса тепла и влаги, как в полевых, так и лабораторных условиях, по отдельности и совместно, в широком диапазоне начальных влажностей, плотностей, градиентов температуры и влажности и т.д.

На рис. 1 представлены зависимость коэффициента температуропроводности от влажности и плотности сероземной почвы, типичной для Ширванской степи. Как видно из рисунка, влажностная зависимость коэффициента температуропроводности изменяется следующим образом: в начале исходных влажностей резко увеличивается, далее пройдя через максимум, уменьшается. Такое поведение температуропроводности свойственно для коллоидно-пористых тел. Зависимость температуропроводности от плотности объясняется тем, что почвенные частицы сближаются, вытесняя слабо проводящее тепло воздух из почвы.

Полученная закономерность согласуется с имеющимися в литературе аналогичными данными.

Во всех случаях, для определения коэффициента термо- и массообмена предлагается анализ динамики хода температуры и влаги. Термо- и влагопроводность почвы зависит от соотношения между, составляющими почву, твердой, жидкой и газовой фаз. Это соотношение обычно меняется в пространстве (по горизонтали и вертикали) и во времени. Градиент температуры в почве также вызывает поток воды через испарения и конденсации, которые включают в себя сопутствующую передачу скрытой энергии [1, 2].

Таким образом, постоянно меняются не только термические свойства почвы, меняются также и наложенные на них сложные вариации суточных и годовых циклов солнечного излучения и погодные условия. Результатом является циклический характер потока тепла вглубь почвы.

В литературе встречается множество работ, посвященных проблемам тепло-массообмена, тепловому и водному балансам, однако в редких случаях можно встретить работы, посвященные энергонакоплению растительного покрова и ни один из них не учитывает оптимальную водопотребность растений, хотя значение этого компонента имеет важное экологическое и экономическое значение.

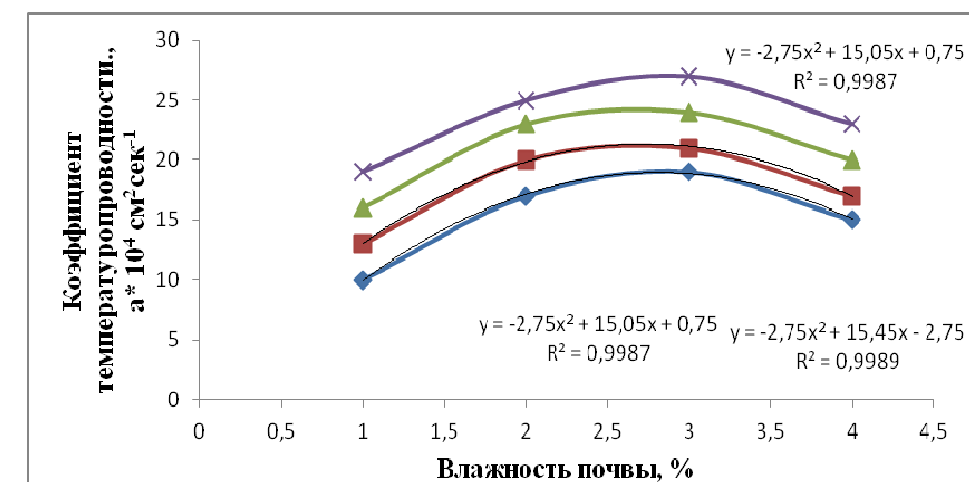


Рис. 1. Изменение коэффициента температуропроводности почвы  $a \cdot 10^4 \text{ см}^2 \text{ сек}^{-1}$  в зависимости от влажности и плотности.  
(На оси абсцисс цифры следует увеличить в пять раз)

Нами при решении проблемы построения модели переноса тепла и жидкости в системе почва-растение-атмосфера для конкретной сельскохозяйственной культуры и состояния окружающей среды, предлагается учесть также и количество энергии, аккумулированной в растительном веществе данной культуры.

В работе [6], на основе уравнение фотосинтеза, приводится простой расчет испарившейся воды, при образовании единицы массы любого органического вещества:

$$3734 * 100/586 * 1 = 637,2, (1)$$

Это выражение показывает, что на образование 1 кг органического вещества испаряется 637,2 кг воды. На основе калориметрических определений нами установлено, что каждое растение по-своему использует солнечный свет. В связи с этим предлагается уравнение, которое учитывает эффективность использования солнечной энергии в отдельности для каждого вида растений. Уравнение выглядит следующим образом:

$$E = (Q * 100)/(L * \alpha), (2)$$

где E - масса воды, расходуемая на транспирацию конкретным видом растений, кг;

Q - энергия, накопленная единицей сухого веса растений, кал/г или кал/см<sup>2</sup>;

L - скрытая теплота парообразования, кал/г,

$\alpha$  - эффективность использования растительным покровом солнечной энергии, безразмерная величина.

Из формулы (2) следует, что при равных энергетических и водных потенциалах окружающей среды, различные культуры по-разному используют приходящую солнечную радиацию, проявляя различную эффективность использования энергетического потенциала среды обитания растения.

Мы предлагаем также, при составлении теплового баланса, принять во внимание энергию, накопленную растительным покровом:

$$R = P + V + L * E + \alpha * M, (3)$$

где, R - радиационный баланс, ккал/см<sup>2</sup>;

P - турбулентный теплообмен между поверхностью почвы и атмосферой, ккал/см<sup>2</sup>;

V - теплообмен между поверхностью почвы и литосферой, ккал/см<sup>2</sup>;

L \* E - энергия эвапотранспирации, ккал/см<sup>2</sup>;

M - конечный продукт фотосинтеза, г/см<sup>2</sup> или ц/га;

$\alpha$  - коэффициент полезного использования энергии фитоценоза, безразмерная величина.

Для экспериментально нахождения коэффициент  $\alpha$  мы использовали калориметр для определения теплотворной способности горючих материалов [5].

Из тонко измельченной на электрической мельнице растительной массы, специальным прессом, изготавливаются брикеты, которые помещаются в самоуплотняющийся контейнер. Последний заполняется кислородом до давления 25-30 кг/см<sup>2</sup>, затем помещается в калориметр с дистиллированной водой, температура которой контролируется с достаточно высокой точностью. После установления постоянной температуры, образец в контейнере сжигается и с помощью специального выражения вычисляется энергоаккумуляция образца

растения, с учетом всех сопутствующих процессов выделения или поглощения энергии.

На рисунке 2 представлена динамика температуры сжигания образцов некоторых растений.

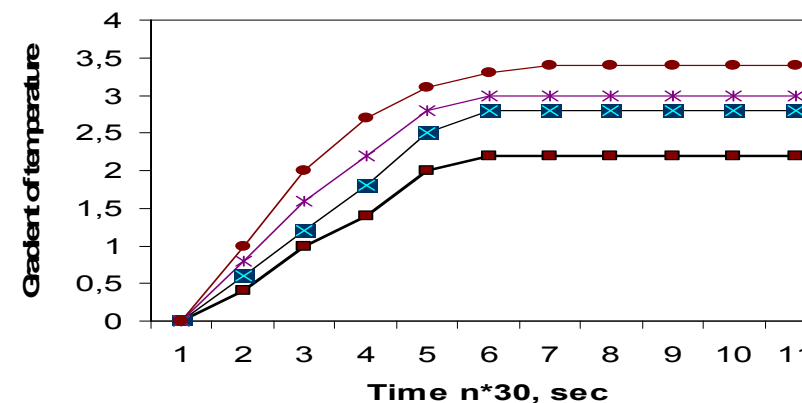


Рис. 2. Временная зависимость повышения температуры калориметрической системы в главном периоде сжигания образцов растений, °C.

Образцы расположены снизу вверх в следующем порядке: кривая 1 зизиния (1,3926 г); 2 - листья бородача (1,5026 г); 3 - верблюжья колючка (1,5582 г); 4 - пшеница безостая (1,7350 г).

Как видно из таб. 1, наибольшей энергоаккумуляцией среди представленных в данной таблице растительности отличается *Artemisia spinosa*, в листьях которого аккумулируется 5754 ккал/кг, далее следует листья *Salsola dendroides* (5625 ккал/кг). Наименьшей энергоемкостью отличаются корни *Capers botanica* (3660 ккал/кг). Из таблицы можно также видеть разницу между максимумом и минимумом, она представляет собой внушительную величину, порядка 2094 ккал/кг.

Таблица 1 - Энергия, накопленная в разных частях растения, ккал /г.

Растения	Листья	Стебли	корни
Elder stinking	5050	4270	4000
Kargan	5620	4920	3685
Capers bot.	4360	4050	3660
Scirpus gen.	4200	3920	3669
Suaeda microphulla	4019	3769	3666
Capparis spinosa	4362	4052	3708
Salsola dendroides	5625	4732	4226
Artemisia sp.	5754	5086	4206
Cotton	4010	3720	3667

В таблице 2 представлена энергия, аккумулированная в хозяйственной части урожая, где можно видеть превалирование образцов сои (5520 ккал/кг).

**Таблица 2 - Энергия, накопленная в 1 г сухого растительного материала, кал /г**

Виды растений	Энергия	Виды растений	Энергия
Wheat (awnless)	4070	Soy-bean	5520
Wheat (ukrainka)	3980	Rice	3750
Maize	4090	Barlay	3510
Alfalfa	4185	Carrot	4920

В энергетическом балансе земной поверхности, представляющем собой частный случай закона сохранения и превращения энергии и вещества, существенное значение принадлежит расходу тепла на процессы испарения, величина которого зависит от проектного покрытия растительного покрова, влажности и температуры почвы и воздуха, а также от интенсивности турбулентного обмена в приземном слое атмосферы. В связи с тем, что температура поверхности земли отличается от температуры воздуха, между ними возникает поток тепла, обусловленный турбулентной теплопроводностью. Этот процесс сопутствует различным преобразованиям, участвуя в создании циркуляционных потоков тепла и влаги в системе почва-растение-атмосфера. Чтобы составить модели использования солнечной радиации, поступающей в систему почва-растение-атмосфера и рассмотреть расходы поступающей в систему энергии и вещества, а также для обеспечения нормальной деятельности всей площади сельскохозяйственного угодья или его отдельно взятой части, следует подойти к решению поставленной задачи с энергетических законов функционирования этой системы.

В результате калориметрических измерений доказано, что количество энергии, накопленной в органическом веществе различных органов конкретного вида растений, а также энергия, аккумулированная в различных видах растений, изменяется в широких пределах.

Одним из многих аспектов этого исследования было определение количества энергии, накопленной в различного рода растительных веществ, характерных для растительных сообществ Ширванской степи Республики Азербайджан. Сравнивая количество синтезированного органического вещества растительного происхождения по количеству энергии, накопленной в 1 га растительного биогеоценоза с объемом поступающей солнечной энергии, нами установлено, что в условиях Ширванской степи только 1 - 3 процента поступающей световой энергии накапливается в растительном биогеоценозе.

**Выводы.** Исследование различных процессов в экосистемах с энергетической точки зрения позволяет выявить закономерности в преобразованиях солнечной энергии на земной поверхности: в атмосфере, гидросфере и литосфере, определить компоненты влагооборота в различных условиях среды произрастания растительных биогеоценозов, составить модели утилизации поступающей солнечной радиации в системе почва-растение-атмосфера и учитывать основную сумму энергетических затрат для обеспечения нормальной деятельности сельскохозяйственного производства целого района или его компонента. Теоретической базой таких работ должны стать биоэнергетические положения функционирования этой системы, выявляющие закономерности изученных процессов в различных условиях среды обитания растений.

Эффективность данных исследований в значительной степени зависит от комплексного системного подхода к изучению в среде почва-растение-атмосфера таких термодинамических факторов как теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, термовлагодобность, термоградиентный коэффициент, энергоёмкость и т.д. Несмотря на значительное количество аналогичных исследований, в целом они проводятся разрозненно для различных объектов и процессов, что приводит к определенным просчетам при составлении основ технологии производства сельского хозяйства, при разработках которых нередко учитываются только частные характеристики объектов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Архангельская Т.А. Температуропроводность серых лесных почв Владимирского ополья// Почвоведение. 2004. №3, с.332-342.
2. Будыко М.И. Глобальная экология. Москва. Мысль. 1977. 327 с.
3. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. Москва . Наука . 1974. 128 с.
4. Герайзаде А.П. Калориметрическое определение энергии, аккумулированной в растительном веществе некоторых биоценозов Азербайджана и вычисление степени использования солнечной энергии. В сб: Общие теоретические проблемы биологической продуктивности. Л. Наука. 1969 с. 115-118.
5. Герайзаде А.П. Термо- и влагоперенос в почвенных системах . Баку . Элм , 1982. 157 с.
6. Герайзаде А.П. Преобразования энергии в системе почва-растение - атмосфера. Баку . Элм , 1989. 160 с.
7. Ничипорович А.А., Чмора С.Н. Энергетические основы водного режима растений в посевах. В сб. Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. М. 1963 С. 80-90 .
8. Мурата И. Продуктивность и эффективность утилизации солнечной энергии у некоторых видов сельскохозяйственных культур. Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. СПб. Наука. Москва. , 1972. Стр. 479 - 488.
9. Чудновский А. Ф. Теплофизика Почвы. Москва . Наука . 1976. 353 с.
10. Шихлинский А.М. Тепловой баланс Азербайджанской ССР . Баку. Элм . 1969 . 201 с.
11. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. Л. Гидрометеиздат. 1967. 298 с.