

ОБОСНОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА

*Холбаев Б.М. - профессор кафедры
«Геологии и горное дело» Каршинского
инженерно-экономического института*

С целью обоснования развития мелиоративных систем нового поколения нами разработана методология обоснования продукционного потенциала сельскохозяйственных угодий комплексными мелиорациями на основе энергетической оценки мелиоративной деятельности. Управление продуктивностью базируется на новом теоретическом подходе к энергетической оценке состояния почв и растительного покрова. Это позволяет прогнозировать продукционный потенциал сельскохозяйственных угодий в зависимости от количества вкладываемой энергии при проведении агротехнических, гидротехнических или других мелиоративных мероприятий. Поступающая в природную систему (сельскохозяйственный ландшафт) энергия накапливается в почвенном гумусе и фитомассе растений, обеспечивает круговорот воды и питательных элементов в биогеоценозе, создает механизмы, поддерживающие устойчивость системы и обеспечивает обмен со смежными системами. При сельскохозяйственной деятельности основная энергия отчуждается с урожаем. Часть энергии рассеивается. Чем меньше энергии рассеивается, тем более эффективно работает система [1]. Применительно к мелиоративной деятельности основными компонентами энергетического потока являются: солнечная энергия, энергия почвообразования, энергия химических связей органического вещества зеленых растений, аккумулирующая солнечную энергию в процессе фотосинтеза, и энергия химических связей органического вещества почвы. В качестве основного показателя для энергетической оценки мелиоративной деятельности в сельскохозяйственном ландшафте нами предложен новый показатель – *турбулентная энергоотдача*. Турбулентная энергоотдача (J) представляет собой разницу между радиационным балансом, энергией почвообразования и энергией, аккумулированной в почвенном гумусе и растениеводческой продукции (1):

$$J = R - Q_n - БЭП_z - БЭП_p, \quad (1)$$

где J – турбулентная энергоотдача почвы и растительного слоя в окружающую среду, кДж/см²; R – радиационный баланс, кДж/см²; Q_n – энергия почвообразования, кДж/см²; БЭП_г – энергия, аккумулированная в почвенном

гумусе, кДж/см^2 ; БЭП_p – аккумулярованная энергия в растениеводческой продукции, кДж/см^2 .

Турбулентная энергоотдача почвы и растительного слоя в окружающую среду определяет эффективность использования поступающей солнечной энергии, т.е. по сути дела это количество энергии, которое рассеивается и не участвует в агроценозе. Чем меньше величина турбулентной энергоотдачи, тем эффективнее работает природная система. Принципиальная схема энергетического баланса приведена на рис. 1.

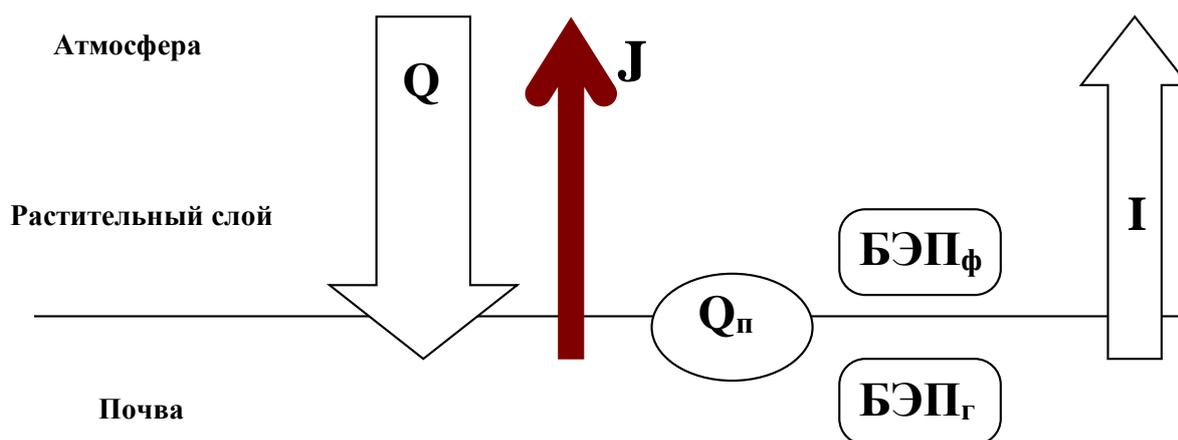


Рис. 1 – Схема энергетического баланса «атмосфера – растительный слой – почва»

Рассмотрим определение отдельных составляющих формулы (1). Радиационный баланс можно определить по формуле (2) [1]:

$$R = Q \cdot (1 - A) - I, \quad (2)$$

где Q – суммарная коротковолновая радиация, кДж/см^2 ; α – альбедо, в долях от единицы; I – эффективное излучение, кДж/см^2 .

В качестве основной характеристики энергетического состояния почв и его изменения воспользуемся показателем «индекс сухости» по Будыко, который определяет зависимость тепла и осадков в естественных условиях (3):

$$\bar{R} = \frac{R}{LO_c}, \quad (3)$$

где L – скрытая теплота парообразования, величина постоянная, равная $2,256 \text{ КДж/см}^2$; O_c – сумма среднесуточных осадков, см.

Энергия почвообразования оценивалась по зависимости (4), предложенной В.Р. Волобуевым (1974) [1]:

$$Q_n = R \cdot e^{-0,47 \cdot \frac{E}{O_c}}, \quad (4)$$

где E – испаряемость, мм, $E = 19 \cdot R^{0,67}$. Остальные обозначения приведены выше.

В условиях проведения оросительных и осушительных мелиораций с целью создания оптимального водного режима почвы для произрастания ведущих сельскохозяйственных культур величина O_c принимается равной их водопотреблению. Энергия почвообразования расходуется на три основные статьи: испарение и транспирацию – 95 – 99,5 %, на циклические биологические процессы – 0,5 – 5,0 % и на выветривание – около 1 % [1].

Биоэнергетический потенциал представляет собой потенциальную энергетическую ценность любого органического вещества, включая органическое вещество почвы (БЭП_г) и фитомассы растений (БЭП_р). Зная элементный состав органической молекулы можно рассчитать БЭП по следующей стехиометрической формуле (5):

$$\text{БЭП} = 183C + 45,75H - 91,5O, \text{ (кДж/моль)}, \quad (5)$$

где C , H и O – атомные доли или молекулярные индексы элементов углерода, водорода и кислорода в молекуле органического субстрата. Если известны массовые доли элементов в веществе, то формула (6) приобретает вид:

$$\text{БЭП} = (15,25C + 45,75H - 5,72O) / (C+H+O), \text{ (кДж/г)}, \quad (6)$$

где C , H и O выражены в %.

Элементный состав гуминовых и фульвокислот различных почв достаточно близок, поэтому мы воспользуемся средними значениями соотношениями углерода, водорода и кислорода. Элементный состав гуминовых кислот по массе составляет: C -50-62%; H – 2,8-6,6%; O – 31-40%; фульвокислот – C 40-52; H – 4-6; O -40-48% [1]. В фульвокислотах значительно меньше углерода и больше кислорода, поэтому их биоэнергетический

потенциал будет меньше. Среднее значение БЭП для гуминовых веществ, рассчитанное по формуле (6) составило 8,98 кДж/г, для фульвокислот 7,14 кДж/г. Для энергетической оценки почвенного гумуса целесообразно учитывать энергию гумуса, которая аккумулирована в гуминовых и фульвокислотах. В зависимости от типа гумуса (соотношение гуминовых и фульвокислот) был рассчитан биоэнергетический потенциал лабильной части почвенного гумуса основных зональных типов почв (таблица 1).

Таблица 2.4.

Биоэнергетический потенциал лабильной части почвенного гумуса различных типов почв (составлена с учетом данных Д.С. Орлова, 1985 [1])

Тип почвы	БЭП гуминовых кислот, кДж/г	БЭП фульво - кислот, кДж/г	Тип гумуса Сгк/С фк	Доля фракционированного гумуса, %	БЭП фракционированной части гумуса, кДж/г
Дерново-подзолистые	8,98	7,14	0,6-0,8	50	3,95
Серые лесные	8,98	7,14	1,0-1,1	70	5,64
Черноземы	8,98	7,14	1,5-2,5	70	5,80
Каштановые	8,98	7,14	1,5	60	4,95
Бурые полупустынные	8,98	7,14	0,8-1,0	60	4,80

Количество энергии, аккумулированной в процессе фотосинтеза в урожае сельскохозяйственных культур (БЭП_р) рассчитывалось на зерно. Содержание сухого вещества в зерне 88% массовая доля углерода составляет 45%, кислорода 42%, водорода 6,5%, азота 1,5% [1]. По формуле (6) определили, что БЭП зерна равен 4,8 ГДж/т.

Выполненные для основных зональных почв расчеты величины турбулентной энергоотдачи по формулам (1-4) в естественных условиях и при проведении оросительных и осушительных мелиораций показали, что добиться повышения продуктивности возможно за счет уменьшения этой величины: в переувлажненной зоне – путем проведения осушения, а в зоне недостаточного увлажнения – проведением орошения (рисунок 2.).

Из рисунка видно, что наибольшая эффективность гидромелиорации отмечается для регионов развития зональных каштановых и бурых полупустынных почв. У них при проведении орошения энергоотдача снижается с 118,3 – 144,79 до 60,83 кДж/см². Для наиболее продуктивных почв – типичных черноземов – энергоотдача в естественных условиях практически сбалансирована 62-52 кДж/см², что свидетельствует о большом энергетическом

запасе почвы. Для этих почв орошение необходимо только в отдельные годы, когда естественных осадков недостаточно.



Рис. 2. Значение турбулентной энергоотдачи в естественных условиях и при проведении орошения для зоны

Для обеспечения устойчивости земледелия надо, чтобы величина энергоотдачи при мелиоративном воздействии снижалась по сравнению с исходным состоянием, т.е. эффективность использования поступающей солнечной энергии увеличивалась. Это возможно обеспечить управлением геологическим, биологическим и техногенным круговоротами воды и химических элементов, включая биогенные, что формирует необходимый мелиоративный режим для повышения продукционного потенциала. В процессе производства растениеводческой продукции в биоценозе увеличивается количество исходящей энергии и снижается количество энергии, возвращаемой в почву. Для решения проблемы устойчивого повышения плодородия необходимо повысить количество возвращаемой в почву энергии и сохранить установившееся соотношение энергетических потоков.

Таким образом, предложенный подход позволяет оценить, для каких почвенно-климатических условий наиболее эффективно проводить орошение или осушение и в каком объеме.

Продукционный потенциал представляет собой максимально возможную продуктивность сельскохозяйственных культур в определенных почвенно-климатических условиях. Продуктивность определяется природным радиационным балансом, естественными осадками и плодородием зональных почв. В естественных биоценозах продуктивность можно определить по формуле (7) Пегова, Хомякова [1]:

$$P = S \times CL, \quad (7)$$

где P - потенциальная продуктивность биомассы растительности в данных почвенно-климатических условиях, т/га воздушно-сухого вещества; S – индекс почвы, определяющий плодородие почвы в естественных условиях; CL – коэффициент благоприятности климата, зависящий от радиационного баланса, среднегодовых количества осадков и температуры, а также испаряемости.

При проведении оросительных мелиораций меняется радиационный баланс за счет дополнительного увлажнения или осушения территории, изменяется индекс сухости и в процессе мелиорации земель повышается плодородие почвы. Интегральный показатель плодородия почвы вычисляется по зависимости (8):

$$S = 6,4(G_{ГК} + 0,2G_{ФК}) / 600 + 8,5 \sqrt[3]{NPK} + 5,1e^{-|H_s - 1|^{1/4}}, \quad (8)$$

где 600; 8,5; 5,1 – весовые коэффициенты; G_{ГК} и G_{ФК} – содержание гуматного и фульватного гумуса соответственно, т/га; N, P, K- содержание в почве азота, фосфора и калия соответственно, доля от их оптимального значения для данного вида культуры; H_г – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы.

Рассмотренная модель имеет достаточно широкую область применения и может использоваться практически для всех типов зональных почв, поскольку учитывает большой набор характеристик и основных свойств почв. Проведенные расчеты показали, что адаптация модели и сравнение полученных по продукционному потенциалу почв и урожайности культур на сортоучастках дает достаточно высокую корреляцию [1].



Рис. 3 - Изменение продукционного потенциала при орошении зональных почв

Расчет продуктивности выполнялся в естественных условиях и при проведении орошения для ведущей культуры севооборота конкретных почвенно-климатических условий. Как показано выше, при орошении изменяется гидротермический режим и увеличивается энергия почвообразования. При проведении мелиорации показатели зональных почв доводились до оптимальных пределов по количеству гумуса и основных питательных элементов (азот, фосфор, калий). При оценке величины продуктивности сельскохозяйственных угодий оценивались особенности свойств конкретной культуры севооборота и применяемой системы земледелия.

Расчеты выполнены в зерновых единицах в среднем для севооборота для зональных почв Европейской части России. Расчет продуктивности, выполненный по формулам (7-8) для естественных условий и при орошении зональных почв России приведен на рисунке 3.

Расчеты показали, что самими продуктивными в естественных условиях являются обыкновенные черноземы, продукционный потенциал которых достигает 7,7 - 8 т.з.ед./га (зерновых единиц), а при проведении орошения может увеличиться до 9,7-10,2 т.з.ед./га; продуктивность дерново-подзолистых и серых лесных почв в естественных условиях не превышает 1,3-1,6 т.з.ед./га, однако при проведении мелиорации продуктивность может повыситься до 6-8 т.з.ед./га. Наиболее отзывчивы на проведение осушительных мелиораций почвы переувлажненной зоны, а на орошение полупустынной и пустынной зон.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Научно-теоретическое обоснования водных ресурсов и использования сточных вод в сельском хозяйстве и промышленности /Л.В.Кирейчева, Б.М.Холбаев. МВ и ССО РУз., Каршинский инженерно-экономический институт. –Карши: издательства “INTELLEKT”, 2022. -285 с.

2. Холбаев Б.М. Мониторинг влияния показателей эколого-мелиоративного состояния на урожай сельскохозяйственных культур в аридной зоне. //Вестник науки и образования. Jurnal. –Москва, 2019. - № 10. - С.51-56.

3. Холбаев Б.М. Прогноз деградированных земель юга Узбекистана. //Сб.мат.межд. науч. - практ. интер. -конф. Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации. Перяслав-Хмельницкий, вып.42, 25 декабря 2018 года. -В 560-563.