

КОНЦЕНЦИИ НОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ В АРИДНЫХ АГРОГЕОСИСТЕМАХ

О. К. Рычко

Воронежский государственный педагогический университет, Россия

Поступила в редакцию 9 сентября 2014 г.

Аннотация: Установлены региональные особенности учета естественных тепловых ресурсов местности и выбраны методы, пригодные для их мониторинга. Разработана система новационных методов оценки эффективности эксплуатации тепловых ресурсов применительно к аридным агрогеосистемам. Рассмотрены перспективы использования предлагаемых методических схем в других регионах РФ с аналогичными экспериментальными природно-хозяйственными характеристиками.

Ключевые слова: новационные методы, мониторинг, естественные тепловые ресурсы, агрогеосистема, экономическая эффективность.

Abstract: Regional peculiarities in the sphere of natural heat resources recording is specified in the article as well as the methods, relevant for the monitoring process. The system of innovative methods for estimation of effectiveness of the use of natural heat resources in arid agrogeosystems is considered. Perspectives of application of the proposed methodical schemes in other regions of the Russian Federation with the same experimental nature and economic characteristics are viewed.

Key words: innovational techniques, monitoring, natural heat resources, agrogeosystem, economic efficiency.

Аридные агрогеосистемы (агроландшафты) практически всегда характеризуются сложностью и разнообразием формирующих их природных условий и ресурсов, что вызывает необходимость мониторинга – фиксации, оценивания и прогнозирования. И в первую очередь тепловых ресурсов (ТР) и теплообеспеченности (ТО) местности, в значительной мере предопределяющих структуру и режимы различных видов природопользования в заданных районах.

В связи с принятием Климатической доктрины РФ в агроландшафтах степной зоны актуализируются вопросы разработки научных основ формирования методологической базы, позволяющей достаточно оперативно, заблаговременно, достоверно и комплексно учитывать региональные (включая экономико-географические) особенности процессов формирования и пространственно-временного распределения термических компонентов природно-хозяйственных (аграрных) комплек-

сов и оценки полезности эксплуатации ТР и информации о них.

Особая проблема определения эффективности использования – эксплуатации ТР, (выражающаяся в отсутствии методов ее расчетов, ввиду сложности подобных оценок, обусловленных нематериальным характером ТР), решается путем подготовки концепций и принципов создания специальных методик, методов и способов, базирующихся на объективной краткосрочной и долгосрочной информации о ТР и ТО.

Главными направлениями исследований в рамках отмеченной проблемы следует считать установление или уточнение закономерностей внутригодовой и внутрирегиональной трансформации термического состояния степных агроландшафтов, при условии их минимально достаточного атмосферного увлажнения (с величиной наименьшей влагоемкости корнеобитаемого слоя почвы не менее 0,7), а также теоретической базы и методического аппарата мониторинга ТР, охватывающие следующие темы: 1) выполнение обзора и анализа

степени изученности обозначенной научной проблемы; 2) определение главных метеорологических элементов, характеризующих (оценочно-прогностически) термические факторы местности и процессы, их обуславливающие; 3) изучение характера и установление параметров изменчивости показателей ТО и компонентов ТР под влиянием факторов их предопределяющих; 4) установление для заданных агроландшафтов особенностей внутрисезонного и территориального распределения ТР и проведение дифференциации региона исследования по степени его ТО; 5) разработка системы специальных методов мониторинга и оценки эффективности использования тепловых ТР и ТО степных агроландшафтов; 6) формулирование рекомендаций по повышению результативности эксплуатации ТР и информации о них в исследуемых агроландшафтах и агроценозах.

В настоящее время при оценке термических и влажностных условий местности используются различные качественные или количественные климатические показатели, обычно представляющие соотношение прямо или косвенно охарактеризованных ТР и водных ресурсов (ВР) рассматриваемого участка суши. При этом обязателен к использованию понятийно-терминологический аппарат, специфичный для характеристики термических процессов и ресурсов агрогеосистем [6].

Информация о термическом состоянии геосистем использовалась многими отечественными специалистами-агрометеорологами: И. Г. Грингофом, Р. Э. Давидом, О. Д. Сиротенко, Е. С. Улановой, Ю. И. Чирковым и другими. Поэтому, по аналогии с трактовками основных понятий, процессов и терминов, связанных с ТР и ТО местности, даваемых в работах [1-9] и других, можно сформулировать их базовые определения следующим образом: 1) информация в природопользовании – совокупность данных о количественном, качественном и динамическом (прошлом, настоящем и будущем) био-физико-химическом состоянии природных ресурсов, их взаимосвязи, о потребности в информации для существующей или возможной формы социально-хозяйственной деятельности общества; 2) информативность ландшафта – количество и качество информации, получаемой информируемым субъектом от конкретного природного, природно-антропогенного комплекса; 3) информация о теплообеспеченности, тепловых ресурсах и их использовании – совокупность данных, содержащая количественные, качественные и динамические характеристики естественных теп-

ловых запасов местности и состояние их эксплуатации в хозяйственных и социальных комплексах; 4) информация экстренная – оперативно передаваемая информация об опасных, фактически наблюдаемых или прогнозируемых природных (в т.ч. метеорологических) явлениях, которые могут создавать дискомфорт, угрожать жизни и здоровью населения или наносить ущерб окружающей среде; 5) информационные ресурсы (для теплообеспеченности) – массивы сведений о тепловых ресурсах и термическом состоянии ландшафта, содержащиеся в банках данных и информационных системах; 6) стоимость использования термических ресурсов – цена эксплуатации определенного количества ТР, вовлеченного в производственный процесс; 7) интенсивность сельскохозяйственно-природопользования – степень и эффективность эксплуатации природных условий и ресурсов (включая тепловые) в агроландшафтах, определяемая уровнем фактической изменчивости их экологического состояния в сравнении с оптимальным.

Анализ традиционных методик, применяемых для оценки термического состояния любой территории, показывает, что большинство расчетных схем требуют существенного обновления либо вследствие их устаревшей сущности, либо ввиду недостаточно полного и корректного учета природных факторов, специфичных для конкретного региона, обуславливающих теплообеспеченность степной агросистемы [6]. Это предполагает модернизацию существующих оценочно-прогностических способов через методические схемы, способные давать объективные результаты при определении параметров ТР и ТО местности.

При этом мониторинг, в том числе прогнозирование, ТР через суммы активных температур воздуха (САТВ), как объективного показателя ТР для сезонных и внутрисезонных периодов, может производиться согласно моделям, предложенным О. К. Рычко [6] по схеме:

$$D_0, D_5, D_{10} \rightarrow T, \quad (1)$$

где D_0, D_5, D_{10} – дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха, соответственно, через 0, 5, 10 °С весной; T – суммы активных температур воздуха, в °С – термические ресурсы для заданного сезонного или внутрисезонного периода, рассчитываемые с помощью аналитически выраженных зависимостей типа:

$$y = САТВ;$$

$$y = aD + b;$$

$$y = aD_1 + bD_1 \text{ и т.п.,}$$

где y – сумма температур воздуха; D – число дней в периоде; a – температура, выше которой начинается развитие растений; b – сумма разностей между наблюдаемой температурой и показателем a .

Определение эффективности эксплуатации ТР и информации о них предполагает рассмотрение ее основных экономических, социальных и экологических факторов и аспектов. Социальный, экологический и экономический аспекты эффективности природопользования рассматривались в последние десятилетия рядом исследователей [5-9], а применительно к ТР и ТО их характеристики, в первом приближении, можно получить используя результаты, приведенные автором ранее [5] и представленные в таблице 1.

Эффективность – относительный показатель результативности (положительная величина), определяемый через сопоставление эффекта – как результата деятельности – с затратами, обусловившими этот эффект [9].

Обобщенно эффективность природопользования – результативность экологических, социальных и экономических факторов (эффективностей) использования природных ресурсов (ТР) и эксплуатации природной среды [4].

При определении эффективности мероприятий по рациональному природопользованию (включая ТР) необходимо руководствоваться следующими главными принципами [1-4, 7-9]: 1) в качестве эффекта рассматривается удовлетворение потребностей в условиях жизнедеятельности социума и вос-

производственного процесса; 2) сохранение природно-ресурсного потенциала для последующего использования; 3) результат может быть оценен только через степень рационализации природопользования; 4) необходимо рассмотрение требуемых мероприятий в комплексе и с учетом их взаимосвязи и взаимообусловленности.

Ресурсная эффективность – отношение полезного действия по эксплуатации конкретного ресурса к затраченным средствам, рассчитанное в условных единицах и выраженное в процентах или числовым коэффициентом [1, 4, 7].

Под экологической эффективностью природопользования (в том числе сельскохозяйственного) следует понимать результат реализации комплекса мероприятий по оптимизации экологической ситуации в экосистеме – агроландшафте за счет улучшения параметров и показателей, характеризующих его качество [8]. Количественные показатели такого эффекта могут быть выражены в виде числовых значений баланса вещества и энергии, корреляционных зависимостей между элементами экосистемы; показателей качества окружающей природной среды, принятых на данном уровне их оценки – продуктивность экосистемы, разнообразие ландшафтов, видов и форм жизни, обеспечивающих оптимальные условия жизнедеятельности человека; количественные соотношения элементов экосистемы и параметров внутри каждого элемента, снижение концентрации загрязнителей в природных объектах.

Таблица 1

Классификация условий и функций геосистемы, предопределяемых ее термическим состоянием

Типы условий	Виды функций
Физические	Определение значений испарения и конденсации; оценка Интенсивности тепло-влагообмена между компонентами ландшафта, в т.ч. круговорота воды
Биологические	Установление сроков, периодов, термических пределов и темпов вегетирования растительности; определение уровня активности и жизнедеятельности животных, включая человека
Биофизические	Определение степени тепло-влагообеспеченности биогеоценоза и его компонентов
Социальные	Установление сроков и периодов осуществления социальной деятельности; оценка степени комфортности или дискомфорта термического состояния окружающей среды для человека – социума
Экономические	Установление сроков и периодов осуществления хозяйственной деятельности; определение уровня экономической эффективности использования тепловых ресурсов ландшафта
Экологические	Слежение за формированием и изменчивостью гидротермически специфичной геосистемы; оценка степени теплового загрязнения ландшафта

Социальную эффективность сельскохозяйственного природопользования возможно рассматривать как комфортность условий жизнедеятельности аграрного сообщества в пределах анализируемой агрогеосистемы, где оптимизирована экологическая обстановка, наблюдается закрепление населения на конкретной территории и в конечном итоге – повышение качества жизни социума [3, 4, 9].

Под экономической эффективностью следует понимать соотношение между результатами любой деятельности и ресурсными затратами на нее, выраженными в стоимостной оценке. К примеру, экономическая эффективность от информационно-обеспечения агрометеорологических прогнозами конкретной агрогеосистемы определяется отношением эффекта (от прибавки урожая сельскохозяйственной продукции на конкретной площади, закупочной ценой на данный вид продукции и затратами на производство единицы урожая) к затратам (на составление агрометеорологического прогноза и реализацию мероприятий, предопределенных этим прогнозом) [8].

В частности, агрометеорологический прогноз урожайности отдельных видов культур может обуславливать сокращение или расширение посевной площади или изменение структуры посевных площадей, которые обеспечивают максимум дохода от сельскохозяйственной деятельности. Как таковая экономическая эффективность от использования указанной прогностической информации выражается отношением доли эффекта от прогноза к единице затрат потребителя на соблюдение прогноза.

Объекты сельского хозяйства взаимодействуют со сложной системой природных условий, из числа которых агрометеорологические факторы являются наиболее изменчивыми и активными, а их влияние на процессы аграрного производства,

в особенности – на продуктивность сельхозкультур, в значительной мере обуславливает как количество, так и качество их урожая, его себестоимость, а также – производительность труда. В связи с этим, при оценках эффективности природопользования (в особенности – экономической), необходимы показатели урожайности заданных групп агроценозов конкретной агрогеосистемы и фактически используемые термические ресурсы.

Для более объективного расчета экономического эффекта от полного использования ТР необходимо учитывать территориальную дифференциацию основных климатических характеристик аридного региона.

Учет природных и, в первую очередь, термических условий местности следует производить по данным зональных значений атмосферного увлажнения и теплообеспеченности территориально дифференцированных агроландшафтов на основе традиционных агроклиматических показателей, как индикаторов соотношения атмосферных осадков, ТР и ТО, характеризующих Оренбургскую область, включающую типичные аридные агрогеосистемы – таблица 2.

В таблицах 3, 4 представлены результаты расчетов неиспользуемого гидротермического потенциала, произведенных по D_5 (а не по D_{10} , как это традиционно принято), что обуславливается климатическими особенностями региона исследования. Под неиспользуемым потенциалом понимается количественное значение показателя (ГТК), которое накапливается с момента уборки заданной сельскохозяйственной культуры (схк) до наступления D_5 осенью. То есть после уборки схк климатических ресурсов агрогеосистемы достаточно для выращивания на месте только что убранной культуры другой схк.

Данный подход позволяет оценить количество урожая, которое можно было бы получить при

Таблица 2

Градиент пространственной изменчивости ТР, атмосферных осадков (X) и ГТК для Оренбургской области

Сравниваемые ГМС	Значения градиента для основных агрометеорологических показателей на 50 км		
	ТР, °С	X, мм	ГТК
Бугуруслан – Тепловка	77,7	20,8	0,095
Бугуруслан – Оренбург	36,6	9,3	0,041
Тепловка – Оренбург	34,3	10,9	0,046
Оренбург – Соль-Илецк	117,8	3,7	0,013
Оренбург – Адамовка	35,0	25,0	0,114
Соль-Илецк – Адамовка	57,4	2,1	0,002

Таблица 3

Зональные характеристики неиспользуемого с/х гидротермического потенциала (ГТК по Г. Т. Селянинову) в Оренбургской области

Район (пункт)	ГТК по картофелю	ГТК по кукурузе	ГТК по овсу	ГТК по озимым: пшенице и ржи	ГТК по подсолнечнику	ГТК по просу	ГТК по яровой пшенице	ГТК по ячменю
Северный (Бугуруслан)	1,17	1,03	0,97	0,83	1,14	1,03	0,97	0,95
Западный (Первомайский)	0,78	0,72	0,70	0,53	0,71	0,70	0,65	0,77
Центральный (Оренбург)	0,87	0,76	0,74	0,61	0,79	0,80	0,76	0,71
Южный (Соль-Илецк)	0,70	0,62	0,55	0,50	0,65	0,62	0,57	0,64
Восточный (Адамовка)	0,76	0,67	0,65	0,58	0,68	0,69	0,67	0,66

Таблица 4

Зональные характеристики неиспользуемого с/х биоклиматического потенциал в Оренбургской области

Район (пункт мониторинга)	По картофелю	По кукурузе	По овсу	По подсолнечнику	По просу	По яровой пшенице	По ячменю	По озимым: пшенице и ржи
Северный (Бугуруслан)	0,55	0,84	0,88	0,61	0,85	0,83	0,86	1,02
Западный (Первомайский)	0,53	0,59	0,58	0,52	0,62	0,64	0,51	0,52
Центральный (Оренбург)	0,66	0,83	0,73	0,62	0,73	0,71	0,71	0,77
Южный (Соль-Илецк)	0,48	0,61	0,44	0,44	0,59	0,53	0,46	0,53
Восточный (Адамовка)	0,39	0,58	0,60	0,45	0,56	0,51	0,56	0,77

полном использовании климатических (и в первую очередь термических) ресурсов в конкретной климатической зоне Оренбургской области.

В связи с тем что применявшиеся в прошлом способы расчета экономической эффективности (ЭЭ) природопользования опирались на неэкологичные критерии отечественного централизованного планирования и заимствования аналогичной зарубежной практики подобных оценок и ввиду этого являются в настоящее время малопримемыми [2, 3, 7-9], возникает потребность разработ-

ки специальных новационных методов оценки ЭЭ (от эксплуатации отдельного вида природного – теплового ресурса), пригодных для решения соответствующих социальных, экономических или экологических задач.

Несмотря на повышение культуры земледелия, относительная зависимость продуктивности с/х от погодных (в том числе термических) условий все еще значима, что определяет колебания урожая от года к году. Поэтому информация о ТР необходима при расчетах ЭЭ ресурсопользования, осо-



Рис. Блок-схема алгоритма расчета экономической эффективности использования тепловых ресурсов аридной агрогеосистемы

бенно в специфичной природно-хозяйственной обстановке конкретного региона. К примеру, на формирование 10 ц урожая яровой пшеницы в агроклиматических условиях Оренбургской области необходимо (при достаточном увлажнении агроценоза) затратить ТР в количестве 2000 °С.

Обеспечение данными о ТР необходимо для более оперативного управления агротехническими приемами, предопределяемыми сложившимися и ожидаемыми метеорологическими условиями, а комплексное изучение закономерностей формирования урожая культурных растений в системе почва-растение-атмосфера возможно лишь на основе количественной оценки ТР как значимого геофизического фактора. Поэтому специалистам сельского хозяйства, в особенности растениеводства, необходимо уметь рационально использовать ТР для повышения продуктивности аграрного производства и получения максимально возможного комплексного социально-эколого-экономического эффекта.

С учетом вышеизложенного нами предлагается усовершенствованная схема оценки ЭЭ от использования ТР в аридных агрогеосистемах Оренбургской области – рис.

Концептуальная модель данной блок-схемы включает положения о возможности использования ТР, остающихся осенью после уборки зерновой с/х за период до D_5 для их полной эксплуатации, что позволяет получить максимальную величину фитомассы (урожая) за весь климатически обусловленный вегетационный период, а значит, – наиболее эффективно использовать ТР в конкретных природно-хозяйственных условиях.

В соответствии с блок-схемой рис. рекомендуется следующий порядок расчета ЭЭ для двух компонентов агрогеосистемы: агроценоз озимой пшеницы – агроценоз редиса. При этом в расчетной

схеме учитываются: продолжительность, самостоятельно прогнозируемого по схеме О.К. Рычко, климатически обусловленного вегетационного периода для Оренбургского района Оренбургской области – как отрезка времени, заключенного между датами перехода через 5 °С весной и осенью – D_5 ; срок окончания вегетации озимой пшеницы – C ; сумма ТР за оставшийся от C до D_5 осенью период – T_5 ; сумма ТР, необходимая для формирования урожая редиса – TP_p ; урожайность редиса – $У$; стоимость единицы урожая редиса – $Ц$.

Дано: C наступил 20 июля, T_5 , прогнозируемое по уравнению типа (1), равно 1600 °С, а TP_p составляет 500 °С. С учетом исходных оценочных и прогностических данных по C , T_5 , TP и величине урожая редиса в 100 ц/га получим:

$$T_5 (1600 \text{ °С}) / TP (500 \text{ °С}) = 3 \text{ урожая редиса} \\ (3 \times 100 = 300 \text{ ц}).$$

Поскольку рыночная стоимость 1 ц редиса $Ц$ составляет 1500 руб., то общая стоимость трех урожаев редиса определится как:

$$300 \text{ ц} \times 1500 \text{ руб.} = 450 \text{ тыс. руб.},$$

что и является экономической эффективностью полного использования ТР конкретным агроценозом.

Изложенная методическая схема расчета ориентирована на средние показатели урожайности с/х и при использовании максимальных значений последней, соответственно, возрастет и экономическая эффективность от эксплуатации недоиспользованных ТР.

В таблице 5 приведены расчетные данные о сложившемся экономическом эффекте по группам сельскохозяйственных культур в Оренбургской области.

Таким образом, анализ существующих методических моделей мониторинга и схем расчета эффективности использования ТР или информации о них свидетельствует о том, что они – отно-

Показатели экономического эффекта по группам сельскохозяйственных культур Оренбургской области
(в рыночных ценах на 01.01.2011 г.)

Группы сельскохозяйственных культур	Экономический эффект продукции, тыс. руб./га		
	максимальный расчетный	минимальный расчетный	фактический, при оптимальной тепловлагообеспеченности
Яровая пшеница	19,2	3,3	5,5
Клубнеплоды: картофель	1000	80	200
Корнеплоды: свекла столовая	450	100	250
морковь	900	100	220
редис	225	120	150
редька	450	225	300
репа	300	150	188
осреднение по группе схк	465	139	222
Овощные: капуста	100	180	250
помидоры	400	150	250
петрушка	450	250	375
укроп	375	250	300
сельдерей	600	300	450
кинза	450	240	300
салат	875	350	525
щавель	250	150	200
сладкий перец	225	150	180
огурцы	400	100	180
баклажаны	360	200	300
кабачки	250	150	200
лук	300	80	150
чеснок	240	120	200
осреднение по группе схк	405	184	267
Травы: люцерна	7,7	–	5
Бобовые: горох	30	8	15

сительно тепловых ресурсов – нуждаются в кардинальном усовершенствовании либо в разработке новых специальных методов.

Новационными методологическими положениями и моделями в данной работе следует считать методы мониторинга (включая прогнозирование) естественных тепловых ресурсов агрогеосистемы и методы оценки эффективности использования ТР и данных о ТО, отражающие специфичные природно-хозяйственные условия конкретных аридных агроландшафтов.

Разработанные методы позволяют надежно (с допустимой погрешностью) определять результативность эксплуатации нематериальных (тепло-

вых) природных ресурсов и применимы в качестве типовых для других территорий, с аналогичными экспериментальным физико-экономико-географическими характеристиками.

Предлагаемые новационные базовые теоретические положения и методические алгоритмы возможно применять в качестве модельных и при определении других, материальных, природных ресурсов заданных участков геосистем мезо- и микромасштаба в научной, информационно-ресурсной, образовательной, проектной, хозяйственной, природоохранной, природоресурсоэксплуатационной и других видах деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козин В. В. Геоэкология и природопользование : Понятийно-терминологический словарь / В. В. Козин, В. А. Петровский. – Смоленск : Ойкумена, 2005. – 574 с.
2. Методика определения экономической эффективности использования гидрометеорологической информации в народном хозяйстве. – Ленинград : Ротапринт ГГО, 1985. – 26 с.
3. Пахомова Н. В. Экономическая структура социального природопользования: становление, функционирование, совершенствование / Н. В. Пахомова. – Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1985. – 168 с.
4. Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – Москва : Мысль, 1990. – 637 с.
5. Рычко О. К. Новационные методологические положения по определению сложившегося и ожидаемого термического состояния геосистем степной зоны /
- О. К. Рычко // Степи северной Евразии : материалы IV Международного симпозиума. – Оренбург : Газпром-печать, 2006. – С. 616-617.
6. Рычко О. К. Методологические модели мониторинга агрометеорологических условий и агроклиматических ресурсов в аридных сельскохозяйственных ландшафтах / О. К. Рычко. – Оренбург : Оренбургский государственный педагогический университет, 2009. – 196 с.
7. Таран В. В. Энергетическая эффективность и формирующие ее факторы в сельскохозяйственном производстве России / В. В. Таран. – Москва : НИИ информации и технико-экономического исследования агропромышленного комплекса, 1995. – 46 с.
8. Хандожко Л. А. Экономическая эффективность метеорологических прогнозов / Л. А. Хандожко. – Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 2008. – 145 с.
9. Яндыганов Я. Я. Экономика природопользования / Я. Я. Яндыганов. – Екатеринбург : Уральский государственный экономический университет, 1997. – 764 с.

Рычко Олег Константинович

доктор географических наук, профессор кафедры экологического образования естественно-географического факультета Воронежского государственного педагогического университета; г. Воронеж, т. 8 917 918 9388, E-mail: 48rychko@mail.ru

Rychko Oleg Konstantinovitch

Doctor of Geographical Sciences, Professor of the chair of ecological education, natural-geographical department, Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, tel. 8 917 918 9388, E-mail: 48rychko@mail.ru