

**ИНФОРМАЦИОННО – КОММУНИКАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ОЦЕНКИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ПОЧВ**

**INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY FOR ASSESSING
AND REGULATING THE ENERGY STATE OF SOILS**



УДК 631.15 631.422 631.423 631.458

DOI:10.24411/2588-0209-2020-10252

Людмила Владимировна Кирейчева, доктор технических наук, профессор, зав. отделом Природоохранных и информационных технологий, руководитель научный руководитель по направлению мелиорация ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (127550 Россия, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>), kireychevalw@mail.ru

Екатерина Алексеевна Лентяева, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (127550 Россия, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2), elentyaeva@mail.ru

Алексей Дмитриевич Тимошкин, младший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (127550 Россия, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2), leni07@rambler.ru

Lyudmila Vladimirovna Kireycheva, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department. Department of Environmental Protection and Information Technologies, Head Scientific Director in the direction of melioration of the All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (127550 Russia, Moscow, Bolshaya

Akademicheskaya str., 44, building 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2390-1736>), kireychevalw@mail.ru

Ekaterina Alekseevna. Lentyaeva, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (building 2, Bolshaya Akademicheskaya str., Moscow, 127550 Russia), elentyaeva@mail.ru

Alexey Dmitrievich Timoshkin, Junior Researcher of the All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (building 2, Bolshaya Akademicheskaya str., Moscow, 127550 Russia), leni07@rambler.ru

Аннотация. В статье приведено описание информационно – коммуникационной технологии оценки и регулирования энергетического состояния почвы по ряду показателей, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных земель. Особое внимание уделено расчетно-аналитическому этапу, представленному в виде информационно-коммуникационной системы, включающей расчетный и справочно-информационные модули. Представленная система позволяет выявлять направленность почвообразующих процессов, исходную степень деградации почв, дефицит энергетических ресурсов почвы; выполнять обоснование рационального комплекса мелиоративных и агрохимических мероприятий для повышения природно-ресурсного потенциала, и, соответственно, продуктивности мелиорируемых земель и процедур реализации управляющих воздействий.

Abstract. The article describes the information and communication technology for assessing and regulating the energy state of the soil by a number of indicators that affect the productivity of agricultural land. Particular attention is paid to the calculation and analytical stage presented in the form of an information and communication system, including calculation and reference and information modules. The presented system makes it possible to identify the direction of soil-forming processes, the initial degree of soil degradation, the deficiency of soil energy resources; to substantiate a rational complex of reclamation and agrochemical measures to increase the natural resource potential, and, accordingly, the productivity of reclaimed lands and procedures for implementing control actions.

Ключевые слова: информационно-коммуникационная система, мелиоративные режимы, почва, продуктивность, регулирование, управление, энергетический ресурс

Key words: information and communication system, reclamation regimes, soil, productivity, regulation, management, energy resource

Введение. В современном мире масштабно происходит переход всех сфер человеческой деятельности на новые информационные и автоматизированные технологии и системы управления. Благодаря национальному проекту «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»» не исключением становится и сельское хозяйство. Реализация программы планируется осуществляться за счет внедрения различных решений, связанных с современными технологиями, дающими возможность получить качественный рост использования информации и ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции [1]. Для эффективного и рентабельного производства сельскохозяйственной продукции производителю необходимо иметь достоверную информацию о задействованном в производство земельном участке, позволяющей принимать управленческие решения о необходимости проведения мелиоративных или агротехнических мероприятий в оперативном и плановом режимах. С целью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо создать полноценный питательный режим для развития сельскохозяйственных культур, увязанный с благоприятными водно- и тепловыми условиями. Для этого недостаточно наличия агрометеорологической информации, получаемой с помощью современных технических средств, и агрохимического обследования почвенного покрова, определяемого в результате полевого обследования. Требуется регулирование параметров агроэкосистемы в целом, что предполагает создание комплексной высокотехнологичной системы оперативного управления в режиме on-line теплового, водного и питательного режимов и в режиме off-line долгосрочного регулирования актуального плодородия почв, направленного на повышение энергетической функции почвы и продукционного потенциала земель сельскохозяйственного назначения.

Методика и объект исследования. Теоретической основой комплексного регулирования показателей мелиоративного режима, позволяющего выявить снижение энергетического ресурса почвы и оперативно его предотвратить или восполнить, может служить модель агроэкосистемы (рисунок 1). Модель включает 3 блока: контроль, анализ информации и рекомендации по принятию управленческих решений.

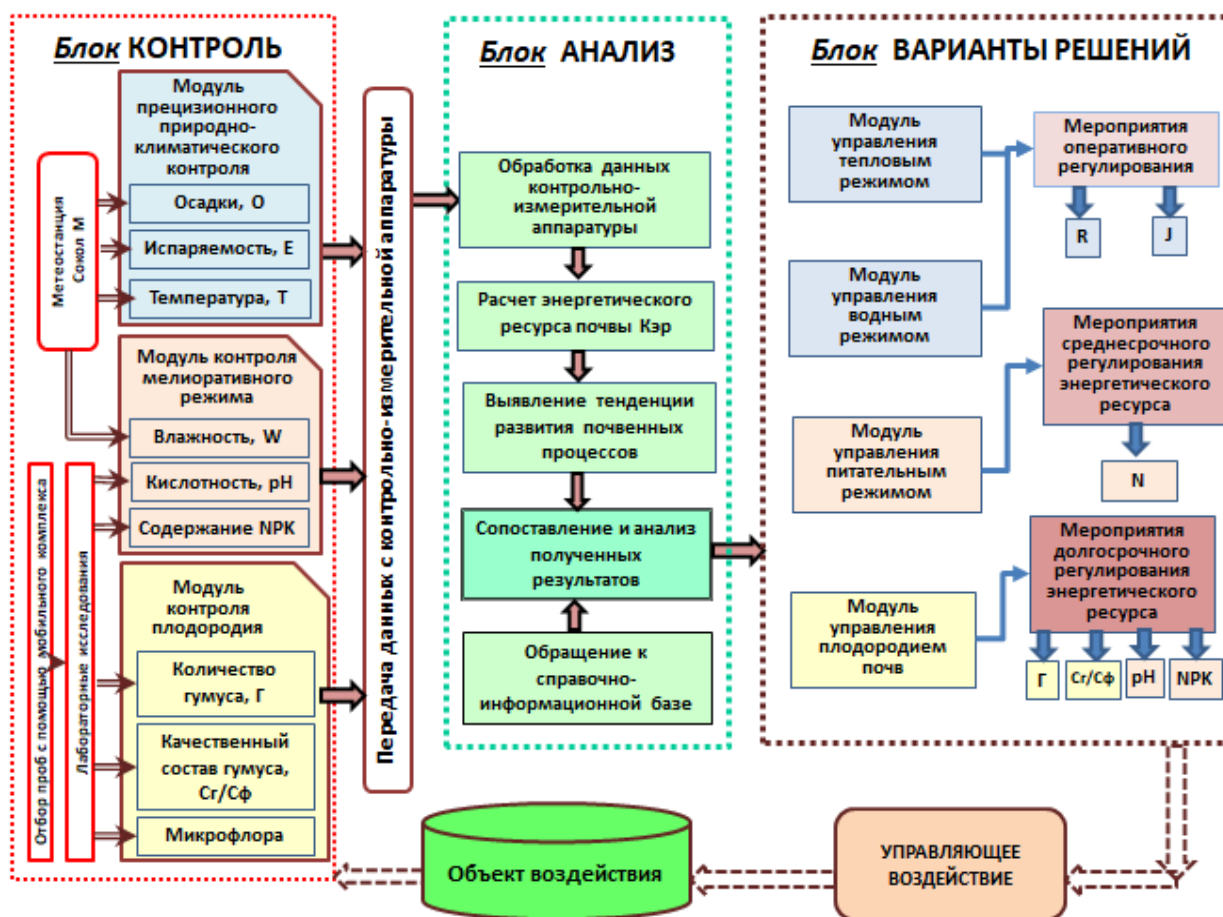


Рисунок 1 – Модель комплексного регулирования показателей агроэкосистемы для повышения энергетического ресурса почв

Блок контроля предполагает получение, отслеживание и передачу текущих (актуальных) значений оперативных показателей, участвующих в оценке энергетического состояния почвы с помощью современных технических средств контроля и передачи данных, а также значения потенциального плодородия почвы.

В блоке анализ информации выполняется сравнение полученных результатов с их оптимальными значениями для рассматриваемых типов почв и устанавливается тенденция протекающих почвообразовательных процессов по коэффициенту энергетического ресурса почв.

В качестве оценки состояния агроэкосистемы предложен усовершенствованный коэффициент - энергетический ресурс почвы (КЭР), который можно представить как количество приходящей природной лучистой энергии (радиационный баланс – R) и природных осадков (коэффициент увлажнения – J), количество запасенной в гумусе энергии и энергии минерального питания почвы [2].

$$K_{ЭР} = \left(1 - \frac{R_{\phi} - R_{опт}}{R_{опт}} \right) \cdot \left(1 - \frac{J_{\phi} - J_{опт}}{J_{опт}} \right) \cdot \frac{\Gamma}{\Gamma_{опт}} \cdot \exp \left(- \frac{\left| \frac{pH_{опт} - pH_{\phi}}{pH_{опт}} \right|}{\sqrt[3]{N \cdot P \cdot K \cdot (C_{ГК} / C_{\phi К})}} \right) \quad (1)$$

где R_{ϕ} , $R_{опт}$ – фактический и оптимальный радиационный баланс, кДж/см²; J_{ϕ} , $J_{опт}$ – коэффициент увлажнения в естественных условиях и при проведении гидромелиорации;

G_f, G_{opt} - фактическое и оптимальное содержание гумуса для данного типа почв, %; pH_f, pH_{opt} - значение фактической и оптимальной обменной кислотности для данного типа почв; N, P, K – содержание элементов минерального питания, в долях от максимального значения доступных форм для данных условий; $C_{гк}/C_{фк}$ - отношение содержания гуминовых кислот к фульвокислотам.

$K_{ЭР}$ - это безразмерный коэффициент, максимальное значение которого равно 1 при оптимальных значениях всех показателей.

В блоке принятия решений происходит обработка результатов и осуществляется поиск мероприятий по их устранению. В зависимости от «проблемного» показателя происходит обращение к тому или иному модулю управления агроэкосистемой. В модуле управления предусмотрены три временных режима: оперативный - управление в режиме реального времени; среднесрочный – реализация мелиоративных мероприятий в течении вегетационного периода; долгосрочное – планирование и реализация мелиоративных мероприятий при сроке получения положительного эффекта от 1 до 5 лет.

Результаты и обсуждения. Для принятия решения об обосновании количественных мер управленческих воздействий разработана информационно-консультационная система (ИКС), как составной элемент информационно – коммуникационной технологии. Информационно – коммуникационная технология оценки и регулирования энергетического состояния почв включает в себя методы, процессы и программно-технические средства, интегрированные с целью сбора, обработки, хранения, распространения, информации о состоянии агроэкосистемы необходимые сельхозтоваропроизводителю для дальнейшего их использования при принятии решений. Для реализации технологии предложены методы, технические средства и контрольно-измерительная аппаратура, позволяющая осуществлять этапы технологии, которые могут быть приняты сельхозтоваропроизводителями в качестве рекомендаций (таблица 1).

Таблица 1- Способы контроля и учета показателей для определения энергетического состояния агроэкосистемы [3-7]

Показатель	Единица измерения	Метод контроля/способ передачи данных	Сроки, периодичность контроля	Технические средства	Точность
Радиационный баланс, R	Вт/м ²	Индикация ультрафиолетовой солнечной радиации/ USB, GSM, RS-485	Режим реального времени	метеокомплекс СОКОЛ-М (Россия)	± 0,5
Общий запас гумуса, G	% ($G_{гумуса}/100G_{поч}$)	Отбор и анализ почвенных проб (с возможным использованием данных ДЗЗ)/регистрация отраженных почвой световых волн с помощью спектрометра/	1-2 раза в год: весна до внесения удобрений, осень после уборки урожая. Анализ данных ДЗЗ до момента	Пробоотборник Duoprob 60 (Германия) Платформа Veris Technologies (США),	± 0,01

		расчеты на основе моделей баланса углерода	отбора проб в течение года.		
Кислотно-щелочная реакция, pH	В ПР	Сенсорный	1 раз в год	Veris Technologies (США)	
	В ППК	Потенциометрический метод/ USB		WTW ProfiLine pH 3310	
Увлажненность, J	мм	Осадкомеры и автоматические метеостанции/ GSM, RS-485	Режим реального времени	метеокомплекс СОКОЛ-М (Россия)	1-5%
		Гидрометрические измерения		Средства водоучета на мелиоративных системах	
Минеральный состав, NPK	мг/100 г	Отбор проб с помощью мобильного комплекса, анализ по стандартным методикам в стационарной или передвижной лаборатории	1 раз в год Рекомендуемое время отбора проб - осень, T>5°C	Мобильный комплекс: двигатель, GPS-приёмник AgGPS-132, автоматический пробоотборник Frizmeir Profi 90, бортовой компьютер, ПО – SST Field Pover II, SSToolbox	2-4%
Азот N	мг/100 г	+оптический/ ГЛОНАСС, GPS	Перед посевом и в первые фазы вегетации	N-тестер	
Состав гумуса, Cг/Сф	Безразмерный коэффициент	Анализ отобранных образцов почвы по методу Пономарёвой-Плотниковой и Кононовой-Бельчиковой	1 раз в год, весной до внесения удобрений	Спектрофотометр UV-1800 (Shimadzu)	0,05-0,5

Последовательность этапов и инструментарий технологии оценки и регулирования энергетического состояния почв, с указанием определяемых показателей приведена на рисунке 2.

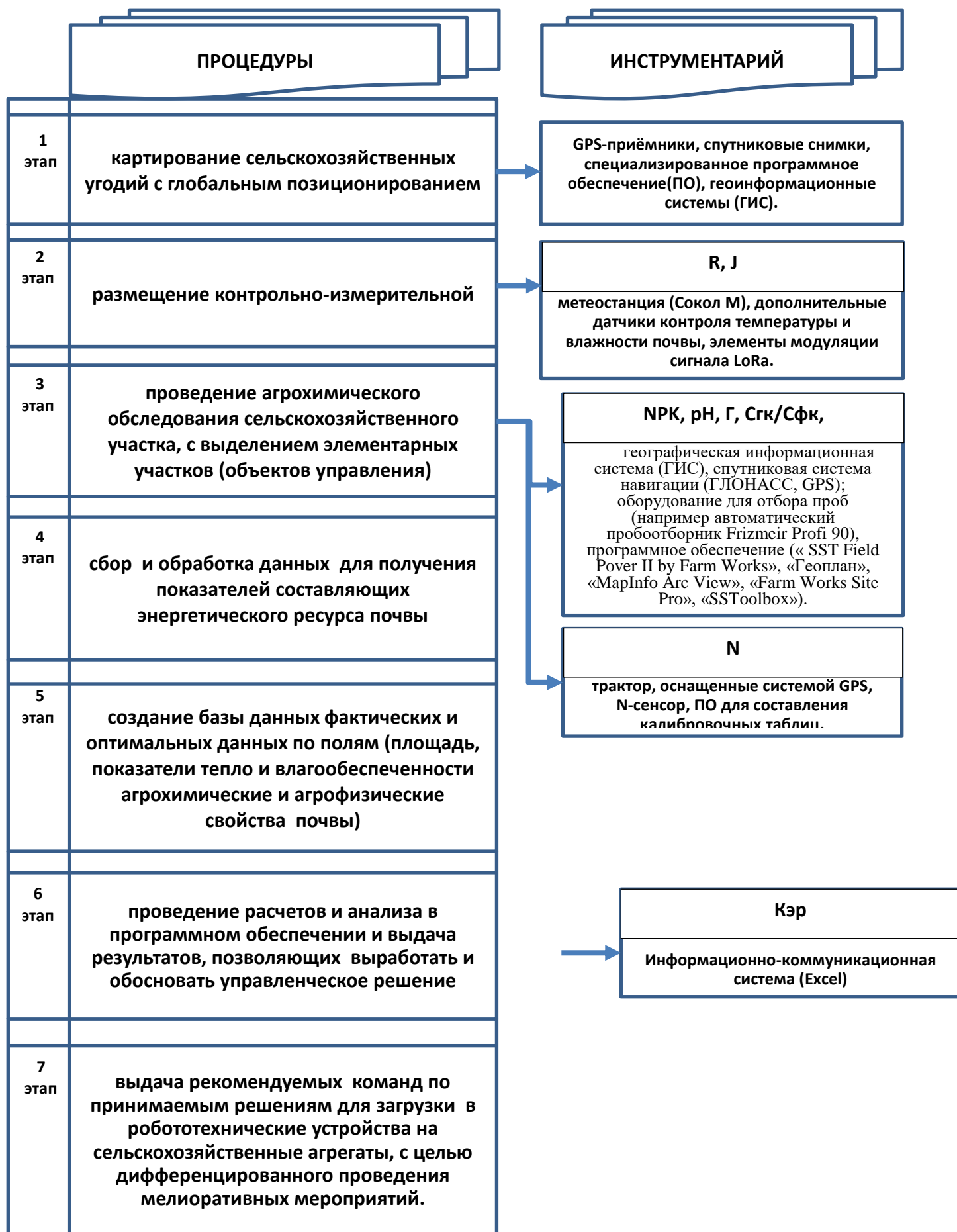


Рисунок 2- Технология прецизионного регулирования параметров

ИКС создана в программе Microsoft Excel, которая входит в пакет приложений Microsoft Office и состоит из двух модулей: автоматизированного расчетного и справочно-информационного.

Расчетный модуль позволяет производить автоматизированную оценку энергетического ресурса почвы по фактическим показателям (рисунок 3).

КЭр	0,436
Р	135
Рр	125
ГФ	2,5
Голт	3
Сгк/СФк	0,7
рН опт	5,8
рН ф	5,3
N	0,7
P	0,5
K	0,6
Юпт	1
Юф	1,3

Рисунок 3 - Вид расчетного модуля для проведения расчетов по оценке энергетического состояния почв.

Для выполнения расчетов в требуемые ячейки необходимо ввести данные, полученные посредством контрольно-измерительной аппаратуры и технических средств, приведенных в таблице 1, полученные для каждого интересующего участка (элемента управления). При достижении всех показателей, отражающих энергетическое состояние почвы, максимально возможных значений с учетом дифференциации по типу почв коэффициент энергетического ресурса, определяемый по формуле (1), будет равен 1.

Однако в реальных условиях, в силу сложности почвообразующих процессов, довести значения показателей до оптимальных значений не представляется возможным, а порой и не целесообразно. Поэтому для каждого типа почв приняты нормативные значения, при которых, несмотря на снижение коэффициента энергетического ресурса, продуктивность будет на достаточно высоком уровне, а кроме того, обеспечатся условия экологической устойчивости агроэкосистемы. Проведенные исследования позволили определить коэффициенты энергетического ресурса для зональных почв РФ, которые могут быть приняты за нормативные. Снижение энергетического ресурса почвы сигнализирует об отклонении значений регулируемых показателей от требуемых (нормативных), что при отсутствии своевременных мелиоративных мероприятий может спровоцировать развитие трудно обратимых деграционных процессов, значительно понижающих продуктивность почвы. Оценить тенденцию происходящих почвенных процессов и ситуацию в целом позволяет информационно-справочный модуль. В нем приведена информация по диапазонам отклонений коэффициента энергетического ресурса от оптимального значения, в зависимости от степени развития деграционных процессов (рисунок 4).

Выявление степени развития деградационных процессов в зависимости от снижения коэффициента энергетического ресурса почвы			
Тип почв	Снижение энергетического ресурса, %		
	степень деградации		
	слабая	средняя	сильная
Дерново-подзолистая	0-44	44-60	60-77
Серая лесная	0-38	38-54	54-69
Чернозем выщелоченный	0-28	28-36	36-47
Чернозем типичный	0-9	9-16	16-29
Чернозем обыкновенный	0-12	12-26	26-38
Чернозем южный	0-19	19-38	38-52
Каштановая почва	0-29	29-43	43-63
Светло-каштановая	0-43	43-63	63-80
Бурые пустынно-степные	0-56	56-76	76-96

Рисунок 4 - Вид справочной таблицы «Сравнение Кэр»

При попадании расчетного значения Кэр в граничные условия слабой и средней степени деградации, пользователь переходит на вкладку «Оптимальные показатели почв» (рисунок 4), созданной для выявления причин снижения коэффициента энергетического ресурса путем последовательного сопоставления каждого показателя с рекомендуемым значением, таким образом, происходит формирование перечня мелиоративных мероприятий, требующих планового или оперативного управления. В системе приведены осредненные значения оптимальных природно-климатических и агрохимических показателей зонально-провинциальных почв РФ, полученные в результате аналитического обзора литературных источников [8-18].

Осредненные значения оптимальных показателей зонально-провинциальных почв по литературным источникам								
Тип почв	R, КДж/см ² год	Коэффициент увлажнения, J	pH _{KCl}	Гумус, %	NO ₃ +N H ₄ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	C _{гк/фк}
Дерново-подзолистая суглинистая	135-140	1,0-1,05	5,8	3,0-3,3	50	100-150	170-250	0,6-0,8
Серая лесная тяжелосуглинистая	140-150	1,0-1,05	5,0-5,9	3,0-3,5	80-100	200	200	1,3-1,5
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	145-150	1,0-1,1	6,5-6,8	6,0-7,0	80-100	150-200	90-120	1,5-2,0
Чернозем выщелоченный легкосуглинистый	150-160	1,0-1,1	6,5-6,8	4,0-4,5	65-80	100-150	80-100	1,5-2,0
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	150-160	1,0-1,05	6,8-7,0	7,0-10,0	80-100	200	130	1,9-2,5
Чернозем типичный легкосуглинистый	160-170	1,0-1,05	6,8-7,0	7,0-9,0	70-90	160	130	1,9-2,5
Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	170-180	1,05-1,1	8	6,0-7,0	70	150	110	1,95-2,1
Чернозем обыкновенный легкосуглинистый	180-185	1,05-1,1	8	5,6-6,0	60-70	110-130	85-95	1,95-2,1
Чернозем южный тяжелосуглинистый	185-200	1,05-1,2	7,2-7,4	4,5-5,0	60	100	100	1,55-1,6
Чернозем южный легкосуглинистый	200-205	1,05-1,3	7,2-7,4	3,8-4,5	50-60	85	90	1,55-1,6
Каштановая почва тяжелосуглинистая	210-220	1,2-1,3	7,5	3,7-4,0	40	50	400-600	1
Светло-каштановая почва	220-225	1,3-1,5	7,5	2,0-2,5	30-40	40-45	350-500	1

Рисунок 4- Вид справочной таблицы «Нормативные показатели почв»

Для определения количественных мер управления созданы вкладки по каждому мелиоративному режиму: водно-тепловому, кислотно-щелочному, и питательному, а также по содержанию органического вещества (рисунки 5-7)

Ориентировочные значения норм осушения для различных периодов вегетации				Ориентировочные сроки отвода избыточной влаги с поверхности и из пахотного горизонта почвы		
Культуры	Нормы осушения, м			Культура	Сроки отвода, сут.	
	Предосенний период	Первый месяц вегетации	Последующий период вегетации		С поверхности почвы	Из пахотного горизонта 0-25 см
Зерновые	0,5-0,6	0,7-0,8	0,8-0,9	Зерновые	0,5	1,2
Травы	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	Травы	1	2

Оросительные оптимальные нормы в мм	
Дерново-подзолистая	300
Серая лесная	450
Чернозем обыкновенный	750
Чернозем южный	1300
Каштановая	1800
Буря полупустынная	2100

Рисунок 5- Вид справочной таблицы «Регулирование водного режима почвы»

Оптимальные дозы извести на пахотных почвах, СаО т/га						
Агрономическая категория почвы	рН почвы					
	Очень кислая		Кислая		Слабокислая	
	<4,1	4,1-4,5	4,6-5	5,1-5,5	5,6-6	6,1-6,5
Очень легкая	3,5	3	2	-	-	-
Легкая	3,5	3	2	1	1	--
Средняя	5,5	5	4	2,5		
Тяжелая	6	6	4,5	3	2	1,5

Рисунок 6 - Вид справочной таблицы «Регулирование кислотно-щелочного режима почвы» (использованы данные Сондей В., и др. 2012 [19])

Энергетический расчет объема внесения органического вещества для восполнения дефицита энергии												
Тип почвы	Объемный вес, а, г/см ³		Содержание гумуса, %		Мощность гумусового горизонта, см	Стк/Сфк	Доля фракционированного гумуса, %	БЭП фракционированной части гумуса, кДж/т	Фактическое БЭП гумуса в расчетном слое, ГДж/га	Оптимальное БЭП гумуса в расчетном слое, ГДж/га	ДБЭП, ГДж/га	Количество органического удобрения, т. с.в./га, необходимого для восполнения энергетической функции
	фактическое	оптимальное	фактическое	оптимальное								
Дерново-подзолистые	1,24	1,16	2	3,3	20	0,8	50	3,96	196,63	643,8	447,17	100
Серые лесные	1,4	1,2	3	8	30	1,5	70	5,67	476,5	1089,15	612,65	130
Чернозем выщелоченный	1,1	1,05	6	6,8	60	2	70	5,89	778,08	1237,85	459,77	100
Чернозем обыкновенный	1,1	1	7	7	80	2,1	70	5,96	917,18	952,92	35,73	10
Чернозем типичный	1,1	1	8	10	70	2,5	70	5,91	1039,66	1063,29	23,63	5

Рисунок 7 - Вид справочной таблицы «Регулирование плодородия почвы по органическому веществу»

Выдача рекомендуемых команд по сформированному перечню управляющих воздействий мелиоративными режимами для загрузки в робототехнические устройства на сельскохозяйственные агрегаты с целью дифференцированного проведения мелиоративных мероприятий предусматривается три временных интервала управления:

- оперативный - предполагает возможность регулирования показателей теплового, водного и питательного режимов. В этом случае управляющее воздействие реализуется в режиме реального времени, с помощью выдачи команды на сельскохозяйственную технику. Для повышения показателя радиационного баланса проводят регулирование влажности приземного слоя почвы или применение соответствующих агротехнических мероприятий, увеличивающих поглощающую способность почвы. Регулирование водного режима осуществляется путем подачи сигнала на контроллеры осушительных или оросительных систем для включения их в работу в соответствии требуемыми показателями.

- среднесрочный - внесение азотных подкормок в период вегетации, который проводится на основе проведенных расчетов и рекомендаций по карте-заданию для сельхозтехники с точным указанием координат внесения и объемов азотного удобрения.

- плановый или долгосрочный (от 1 года до 5 лет) - предполагает регулирование факторов повышения плодородия по минеральным и органическим веществам в многолетнем разрезе. По данным полученным с помощью информационно-коммуникационной системы формируется Карта-задание, которая загружается в бортовой компьютер сельхозтехники.

Выводы

Разработанная ИКС состоит из уже достаточно широко распространённых цифровых методов и способов сбора и контроля за показателями мелиоративных режимов, что не вызовет сложностей для ее реализации в сельскохозяйственном производстве. Отличительной особенностью предлагаемой технологии является блок информационно-консультационной системы, позволяющей проводить энергетическую оценку актуального и прогнозируемого состояния агроэкосистемы, отслеживать и предотвращать развитие неблагоприятных почвенных процессов, выявлять причину и определять дефицит энергетических ресурсов почвы. Предлагаемая технология позволит упростить процесс обоснования комплекса мелиоративных мероприятий при принятии управленческих решений по восстановлению плодородия мелиорируемых земель за счет многофакторного информационного обеспечения по всем регулируемым показателям мелиоративных режимов.

Список литературы

1. Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»» [Электронный ресурс] -Режим доступа: https://digital.gov.ru/uploaded/files/natsionalnaya-programma-tsifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federatsii_NcN2nOO.pdf (дата обращения 12.11.2020).
2. Кирейчева Л.В. Оценка энергетического ресурса основных типов почв волгоградской области // Аграрный научный журнал. - 2020. - № 10. - С. 28-32.
3. Кирейчева Л.В. / Обоснование продукционного потенциала сельскохозяйственных земель нечерноземной зоны российской федерации / Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А., Тимошкин А.Д., Аветисян А.Л. // Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса. Сборник научных трудов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2020. - С. 89-97.
4. Карпенко Н.П. Цифровые технологии и средства контроля для автоматизированного регулирования радиационного баланса агроэкосистем / Карпенко Н.П., Кирейчева Л.В. // Природообустройство. Москва, 2020. № 2. - С. 25-32.

5. Пуховская Т.Ю. Обзор и анализ методов определения вариабельности плодородия почв в рамках прецизионного земледелия // Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса. Сборник научных трудов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2020. - С.160-169.
6. Павлов В.Ю. Показатели и методы оценки энергетического потенциала почвы в агроландшафтах. // Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса. Сборник научных трудов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2020. - С. 139-149.
7. Яшин В.М. Приборное обеспечение для контроля прецизионного регулирования влажности почвы // Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса. Сборник научных трудов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2020. - С. 245-252.
8. Егоров В.В. Классификация и диагностика почв СССР. / Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н. и др. М.:Колос, 1977. - 221с.
9. Зайдельман Ф.Р. Гидрологический фактор антропогенной деградации почв и меры ее предупреждения //Почвоведение, 2000. - №10. - С. 1272-1284.
10. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003. - 535 с.
11. Королёв В.А. Физические свойства антропогенно преобразованных чернозёмов ЦЧО // Проблемы антропогенного почвообразования. М.: Почв. инст. им. В.В. Докучаева, 1997. - Т. 2. - С. 166 - 169.
12. Литвинович А.В. Деградация хорошо окультуренных почв гумидных и аридных регионов. – Германия: LAMBERT Academic Publishing, 2011. - 278 с.
13. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т.1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий. Коллективная монография под ред. Иванова А.Л. – М.: Почв. ин-т. им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2003.- 756 с.
14. Овчинникова М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ в разных условиях землепользования (на примере дерново-подзолистой почвы): Автореф. д-ра биол. наук. - М., 2007. - 48 с.
15. Орлов Д.С. Химия почв. - М.: МГУ, 1985г. - 376 с.
16. Орлов Д.С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И.. - М.: Наука, 1996. – 254 с.
17. Панкова Е.И., Новикова А.Ф. Деградационные процессы на сельскохозяйственных землях России // Почвоведение, 2000. - № 3. – С. 366-379
18. Фрид А.С. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях / А.С. Фрид, И.В. Кузнецова, И.Е. Королёв и др. - М.: Почв. ин-т. им. В.В. Докучаева, 2010. - 176 с.

19. Сондей В. Рекультивация кислых почв / Сондей В., Мажайский Ю. А., Желязко В. И. // Практика рекультивации загрязненных земель. Учебное пособие. - Рязань: ФГБОУ ВПО РГТАУ, 2012. – 604 с.

Spisok literatury

1. Pasport natsional'nogo proekta «Natsional'naya programma «Tsifrovaya ehkonomika Rossiiskoi Federatsii»» [Elektronnyi resurs] -Rezhim dostupa: https://digital.gov.ru/uploaded/files/natsionalnaya-programma-tsifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federatsii_NcN2nOO.pdf (data obrashcheniya 12.11.2020).

2. Kireicheva L.V. Otsenka ehnergeticheskogo resursa osnovnykh tipov pochv volgogradskoi oblasti // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. - 2020. - № 10. - S. 28-32.

3. Kireicheva L.V. / Obosnovanie produktsionnogo potentsiala sel'skokhozyaistvennykh zemel' nechernozemnoi zony rossiiskoi federatsii / Kireicheva L.V., Lentyaeva E.A., Timoshkin A.D., Avetisyan A.L. // Nauchno-metodicheskoe obespechenie razvitiya meliorativno-vodokhozyaistvennogo kompleksa. Sbornik nauchnykh trudov. – Moskva: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrotekhniki i melioratsii imeni A.N. Kostyakova, 2020. - S. 89-97.

4. Karpenko N.P. Tsifrovye tekhnologii i sredstva kontrolya dlya avtomatizirovannogo regulirovaniya radiatsionnogo balansa agroehkosistem / Karpenko N.P., Kireicheva L.V. // Prirodoobustroistvo. Moskva, 2020. № 2. - S. 25-32.

5. Pukhovskaya T.YU. Obzor i analiz metodov opredeleniya variabel'nosti plodorodiya pochv v ramkakh pretsizionnogo zemledeliya // Nauchno-metodicheskoe obespechenie razvitiya meliorativno-vodokhozyaistvennogo kompleksa. Sbornik nauchnykh trudov. – Moskva: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrotekhniki i melioratsii imeni A.N. Kostyakova, 2020. - S.160-169.

6. Pavlov V.YU. Pokazateli i metody otsenki ehnergeticheskogo potentsiala pochvy v agrolandshaftakh. // Nauchno-metodicheskoe obespechenie razvitiya meliorativno-vodokhozyaistvennogo kompleksa. Sbornik nauchnykh trudov. – Moskva: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrotekhniki i melioratsii imeni A.N. Kostyakova, 2020. - S. 139-149.

7. Yashin V.M. Pribornoe obespechenie dlya kontrolya pretsizionnogo regulirovaniya vlazhnosti pochvy // Nauchno-metodicheskoe obespechenie razvitiya meliorativno-vodokhozyaistvennogo kompleksa. Sbornik nauchnykh trudov. – Moskva: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrotekhniki i melioratsii imeni A.N. Kostyakova, 2020. - S. 245-252.

8. Egorov V.V. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR. / Egorov V.V., Fridland V.M., Ivanova E.N., Rozov N.N. i dr. M.:Kolos, 1977. - 221s.

9. Zaidel'man F.R. Gidrologicheskii faktor antropogennoi degradatsii pochv i mery ee preduprezhdeniya //Pochvovedenie, 2000. - №10. - S. 1272-1284.

10. Kozlovskii F.I. Teoriya i metody izucheniya pochvennogo pokrova. M.: GEOS, 2003. - 535 s.

11. Korolev V.A. Fizicheskie svoystva antropogenno preobrazovannykh chernozemov TSCHO // Problemy antropogenno pochvoobrazovaniya. M.: Pochv. inst. im. V.V. Dokuchaeva, 1997. - T. 2. - S. 166 - 169.

12. Litvinovich A.V. Degradatsiya khorosho okul'turenykh pochv gumidnykh i aridnykh regionov. – Germaniya: LAMBERT Academic Publishing, 2011. - 278 s.
13. Nauchnye osnovy predotvrashcheniya degradatsii pochv (zemel') sel'skokhozyaistvennykh ugodii Rossii i formirovaniya sistem vosproizvodstva ikh plodorodiya v adaptivno-landshaftnom zemledelii: T.1. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy predotvrashcheniya degradatsii pochv (zemel') sel'skokhozyaistvennykh ugodii. Kollektivnaya monografiya pod red. Ivanova A.L. – M.: Pochv. in-t. im. V.V. Dokuchaeva Rossel'khozakademii, 2003.- 756 s.
14. Ovchinnikova M.F. Osobennosti transformatsii gumusovykh veshchestv v raznykh usloviyakh zemlepol'zovaniya (na primere dernovo-podzolistoi pochvy): Avtoref. d-ra biol. nauk. - M., 2007. - 48 s.
15. Orlov D.S. Khimiya pochv. - M.: MGU, 1985g. - 376 s.
16. Orlov D.S. Organicheskoe veshchestvo pochv Rossiiskoi Federatsii / Orlov D.S., Biryukova O.N., Sukhanova N.I.. - M.: Nauka, 1996. – 254 s.
17. Pankova E.I., Novikova A.F. Degradatsionnye protsessy na sel'skokhozyaistvennykh zemlyakh Rossii // Pochvovedenie, 2000. - № 3. – S. 366-379
18. Frid A.S. Zonal'no-provintsial'nye normativy izmenenii agrokhi- micheskikh, fiziko-khimicheskikh i fizicheskikh pokazatelei osnovnykh pakhotnykh pochv evropeiskoi territorii Rossii pri antropogennykh voz deistviyakh / A.S. Frid, I.V. Kuznetsova, I.E. Korolev i dr. - M.: Pochv. in-t. im. V.V. Dokuchaeva, 2010. - 176 s.
19. Sondei V. Rekul'tivatsiya kislykh pochv / Sondei V., Mazhaiskii YU. A., Zhelyazko V. I. // Praktika rekul'tivatsii zagryaznennykh zemel'. Uchebnoe posobie. - Ryazan': FGBOU VPO RGTAU, 2012. – 604 s.