

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Оригинальная статья

УДК 631.6:631.152.3

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-6-14



РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Васильева Наталья Александровна , аспирант

ORCID: 0000-0002-8660-044X, natali607@bk.ru

Кирейчева Людмила Владимировна, д-р техн. наук, профессор

WoS ResearcherID ABG-6588-2021, Scopus AuthorID396508166252, ORCID0000-0002-7114-2706, kireychevalw@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44, корп. 2, Россия

Аннотация. Цель исследований – оценить роль мелиорации в повышении продуктивности неиспользуемых земель при принятии решений о возврате их в сельхозоборот по результатам выполненной оценки их текущего состояния на примере Московской области. При принятии решений о вводе в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий целесообразно оценить их потенциальную продуктивность в текущих климатических условиях. В статье проведен анализ затрат энергии главных составляющих природного процесса почвообразования (радиационный баланс, фотосинтетическая активная радиация (ФАР), коэффициент увлажнения) для Московской области ЦФО по метеостанциям Дмитров, Коломна, Старица. Описан механизм влияния мелиоративных мероприятий на составляющие радиационного баланса и приведены зависимости, позволяющие рассчитать энергию, аккумулируемую в годичном приросте растительной массы, а также затраты энергии на почвообразовательный процесс, соответствующий вычисленному количеству энергии. Представлены расчеты теоретически возможной урожайности сельскохозяйственных культур при вводе в сельхозпроизводство неиспользуемых земель с различными значениями ФАР за вегетационный период. Проведена оценка климатически обеспеченной урожайности культур трех исследуемых участков на примере 2021 г. и выполнено сравнение с фактически полученной урожайностью в хозяйствах, где находятся исследуемые участки, которые планируется ввести в сельскохозяйственный оборот.

Ключевые слова: почвы, плодородие, управление продуктивностью, радиационный баланс, мелиоративное воздействие, энергетика почвообразования, ФАР, потенциальная урожайность, солнечная энергия

Формат цитирования: Васильева Н.А., Кирейчева Л.В. Роль мелиорации в повышении продуктивности сельскохозяйственных земель на примере Московской области // Природообустройство. – 2023. – № 3. – С. 6-14. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-6-14.

© Васильева Н.А., Кирейчева Л.В., 2023

Original article

THE ROLE OF LAND RECLAMATION IN INCREASING THE PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL LAND ON THE EXAMPLE OF THE MOSCOW REGION

Vasiljeva Natalia Aleksandrovna , Postgraduate student

ORCID 0000-0002-8660-044X, natali607@bk.ru

Kireycheva Lyudmila Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Professor

WoS ResearcherID ABG-6588-2021, Scopus AuthorID396508166252, ORCID0000-0002-7114-2706, kireychevalw@mail.ru

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»127434, Moscow, ul. B. Timiryazevskaya, 44, corp.2, Russia

Annotation. When making decisions about putting unused agricultural lands into turnover, it is advisable to estimate their potential productivity under the current climatic conditions. The analysis of energy expenditures of the main components of the natural process of soil formation (radiation balance, PAR, moistening coefficient) for Moscow region of CFD by weather stations of Dmitrov, Kolomna, Staritsa was carried out. The mechanism of influence of ameliorative measures on the components of radiation balance is described and the dependencies allowing for calculation of energy accumulated in the annual growth of vegetation mass and energy consumption for soil-forming process corresponding to the calculated energy amount are given. The calculations of theoretically possible crop yields at introduction into agricultural production of unused lands with different values of PAR during the vegetation period are presented. The assessment of climatically secured crop capacity of three researched plots was carried out by the example of 2021 and comparison with actually obtained capacity in the farms, where the researched plots are located, which are planned to be put into agricultural turnover. The purpose of the study is to assess the role of reclamation in increasing the productivity of unused lands when making decisions on their return to agricultural circulation based on the results of an assessment of their current state using the example of the Moscow Region.

Keywords: soils, fertility, productivity management, radiation balance, reclamation impact, energy of soil formation, PAR, potential yield, solar energy

Format of citation: Vasiljeva N.A., Kireycheva L.V. The role of land reclamation in increasing the productivity of agricultural land on the example of the Moscow region // Prirodoobustrojstvo. – 2023. – № 3. – P. 6-14. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-6-14.

Введение. В современных условиях сложной внешнеэкономической политики и все более возрастающих потребностей внутреннего рынка на продукты питания как никогда актуальным становится решение проблемы по увеличению продуктивности сельскохозяйственных земель, являющихся, пожалуй, одним из главных составляющих Агропромышленного комплекса Российской Федерации. Интенсификация сельского хозяйства определяется разными направлениями: за счет улучшения агротехники, генетики, селекции и семеноводства, применения удобрений, освоения новых земель и др. Все эти процессы направлены в конечном счете на дальнейшее повышение урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур, а также на прогрессивное повышение почвенного плодородия. Важнейшая роль в этом направлении принадлежит комплексной мелиорации, которая вместе с агротехническими приемами формирует плодородие почвы, являющееся совокупностью сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов.

Лучистая (световая) энергия, достигающая земли и определяемая как радиационный баланс земной поверхности, – главный источник процессов почвообразования и главный фактор плодородия, влияющий на урожайность сельскохозяйственных культур [1, 2]. Изучение

энергетического баланса поступающей лучистой энергии в агроэкосистему и ее расходование в процессе фотосинтеза, испарения, транспирации, почвообразования при проведении сельскохозяйственных мелиораций становятся актуальной задачей в оценке эффективности сельскохозяйственного производства и управления продуктивностью [3].

Цель исследований: оценить роль мелиорации в повышении продуктивности неиспользуемых земель при принятии решений о возврате их в сельхозоборот по результатам выполненной оценки их текущего состояния на примере Московской области.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследования были взяты три неиспользуемых участка сельскохозяйственной земли, находящиеся в Егорьевском, Дмитровском и Шаховском районах Московской области и планируемые к вводу в сельскохозяйственное производство. Для рассматриваемых участков была выполнена оценка их текущего энергетического состояния и рассмотрены мероприятия, необходимые для дальнейшего эффективного использования в сельскохозяйственном обороте.

В качестве исходных материалов для расчетов были взяты среднемесячные показатели температуры воздуха, суммы осадков, облачности, упругости водяного пара

из специализированных массивов климатических данных Web-сайта ВНИИГМИ-МЦД с 2000 по 2020 гг. (табл. 1) [4]. Для опытного участка в Дмитровском районе использовались данные метеостанции ВДНХ, Москва (синоптический индекс 27419); для участка в Егорьевском районе взяты данные метеостанции Коломна (синоптический индекс 27625), для участка в Шаховском районе – данные метеостанции Старица (синоптический индекс 26499).

Затраты энергии на почвообразование (Q) напрямую связаны с радиационным балансом (R) и подчиняются зависимости [2]:

$$Q = R \cdot \varphi, \quad (1)$$

где φ – коэффициент полноты использования радиационной энергии в биоценозе на почвообразование.

Согласно исследованиям [2] существует связь между коэффициентом φ и показателем относительной увлажненности (K_n). Полнота использования радиационной энергии увеличивается при повышении показателя K_n до достижения им уравновешенного значения. После достижения уравновешенного увлажнения показатель φ растет медленнее, чем увеличивается K_n . Коэффициент полноты использования радиационной энергии на почвообразование (φ) определяется по формуле [2]:

$$\varphi = e^{-0.47 \frac{1}{K_n}}, \quad (2)$$

где P – среднегодовое количество осадков, мм; R – радиационный баланс, ккал/см²год; e – основание натурального логарифма.

Показатель относительной увлажненности (K_n) [2] составляет:

$$K_n = \frac{P}{50R^{0.67}}, \quad (3)$$

где P – среднегодовое количество осадков, мм; R – радиационный баланс, ккал/см²год.

После преобразования формулы (2), путем подстановки значения K_n , а также с учетом зависимости (1) общая величина затрат энергии на процессы почвообразования (Q) выглядит следующим образом [2]:

$$Q = Re^{-23.1 \frac{R^{0.67}}{P}}, \quad (4)$$

где e – основание натурального логарифма (остальные обозначения приведены выше).

Радиационный баланс (R) определяется по формуле [5]:

$$R = Z(1 - \alpha) - I, \quad (5)$$

где Z – суммарная радиация, ккал/см²год; α – альbedo подстилающей поверхности (табл. 2); I – эффективное излучение земли, ккал/см²год.

Суммарная радиация (Z) – сумма рассеянной и прямой радиации, которая находится согласно зависимости [7]:

$$Z = Z_0 [1 - (a + bn)n], \quad (6)$$

где Z_0 – суммарная солнечная радиация при безоблачном небе, ккал/см²год (табл. 3); n – средняя облачность, в долях от единицы (табл. 1); a и b – численные коэффициенты, зависящие от географической широты и учитывающие влияние облачности на суммарную радиацию (табл. 4).

Таблица 1. Географические и климатические исходные данные

Table 1. Geographical and climatic basic data

Показатель <i>Indicator</i>	Участок 1 (Дмитровский район) <i>Site 1 (Dmitrovsky District)</i>	Участок 2 (Егорьевский район) <i>Site 2 (Egoryevsky District)</i>	Участок 3 (Шаховской район) <i>Site 3 (Shakhovskoy District)</i>
Широта / <i>Latitude</i>	56.44	55.29	56.23
Долгота / <i>Longitude</i>	37.58	39.31	35.36
Среднемноголетняя сумма осадков, мм <i>Long-term average precipitation value, mm</i>	727,195	609,25	679,62
Среднемноголетняя температура, °C <i>Long-term average temperature, °C</i>	6,56	6,26	5,35
Испаряемость, мм / <i>Evaporation, mm</i>	475,19	454,541	483,28
Упругость водяного пара, мм. рт. ст. <i>Elasticity of water vapor, mm. pt. art.</i>	6,98	6,98	6,58
Облачность в долях от единицы <i>Cloudiness in fractions from 1</i>	0,71	0,74	0,697
ФАР за вегетационный период, МДж/м ² <i>PAR for the growing season, MJ/m²</i>	1186	1454	1454

Эффективное излучение при действительной облачности (I) определяется согласно формуле [6]:

$$I = I_0 (1 - cn), \quad (7)$$

где I_0 – эффективное излучение при безоблачном небе, ккал/см²год; c – некоторая постоянная (табл. 4), которая зависит от широты (остальные обозначения приведены выше).

Эффективное излучение при безоблачном небе (I_0) зависит главным образом от температуры и влажности воздуха и рассчитывается по формуле [5]:

$$I_0 = \delta \sigma \theta^4 (0.39 - 0.058\sqrt{e}), \quad (8)$$

где θ – температура воздуха в абсолютном выражении; e – упругость водяного пара, мм рт. ст. (табл. 1); δ – коэффициент, характеризующий отклонение излучения данной поверхности от излучения черного тела, принимается равным 0,95; σ – постоянная Стефана-Больцмана, равная $8,26 \cdot 10^{11}$ ккал/см²мин.

Автором [2] были выявлены закономерности влияния среднегодовой температуры, суммы

осадков и общего количества энергии, которое участвует в почвообразовании (V), на прирост растительной массы (V_g). Энергия, аккумулируемая в ежегодном приросте растительной массы (V), определяется по зависимости:

$$V = R \cdot e^{-50 \frac{R^{0.67}}{Pm}} \cdot \left(1 - e^{-\gamma \frac{R^{2.67}}{P}} \right), \quad (9)$$

где γ – параметр, связанный со степенью увлажненности (для влажных условий значение составляет 0,001, для условий уравновешенного увлажнения – 0,00025, для сухостепных – 0,0002); m – безразмерный параметр, выражающий относительную способность биоценоза использовать наличные радиационные, водные и пищевые ресурсы (остальные обозначения приведены выше).

Нахождение параметра m , входящего в формулу (9), при заданных R , K и Q производится путем последовательного решения уравнений [2]:

$$1) Q = R * \varphi; 2) e^{-x} = a; 3) \frac{1}{b} = x; 4) Km = b.$$

Таблица 2. Альbedo естественных поверхностей [5,6]

Table 2. Albedo of natural surfaces

Вид поверхности / Surface type	Величина альbedo / Albedo value
Темные почвы / Dark soils	0,05-0,15
Влажные серые почвы / Wet gray soils	0,10-0,20
Сухие глинистые или серые почвы / Dry clay or gray soils	0,20-0,35
Сухие светлые песчаные почвы / Dry light sandy soils	0,25-0,45
Поля ржи и пшеницы / Rye and wheat fields	0,10-0,25
Луга / Meadows	0,15-0,25
Паровое поле влажное / The steam field is wet	0,05-0,07
Паровое поле сухое / The steam field is dry	0,08-0,12
Влажное вспаханное поле / Wet plowed field	0,14
Высокий травостой, разросшийся / High herbage, overgrown	0,18-0,20

Таблица 3. Значения суммарной радиации при безоблачном небе Q_0 ккал/см²мес. [5]

Table 3. Values of total radiation in a cloudless sky Q_0 kcal/cm²month. [5]

Широта / Latitude	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
60	1,7	3,9	9,6	15,4	20,8	22,3	21,6	16,4	10,5	6,1	2,6	1,2
55	3,0	5,6	11,5	16,6	21,5	22,7	22,1	17,7	12,3	7,7	4,1	2,3
50	4,7	7,5	13,5	17,8	22,1	23,0	22,5	18,8	14,2	9,6	5,8	3,8
45	6,6	9,4	15,4	19,0	22,6	23,3	22,9	20,1	16,0	11,6	7,7	5,7
40	8,7	11,5	17,0	20,0	22,9	23,5	23,2	21,1	17,6	13,4	9,7	7,7

Таблица 4. Среднеширотные значения коэффициентов a , b , c [5]

Table 4. Mid-latitude values of coefficients a , b , c [5]

Широта / Latitude	75	70	65	60	55	50	45	40
a	0,16	0,18	0,25	0,36	0,41	0,40	0,38	0,38
b	0,55	0,50	0,45	0,40	0,38	0,36	0,34	0,33
c	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68

Годичный прирост растительной массы V_g ц/га, соответствующий вычисленному количеству энергии V , составляет [2]:

$$V_g = Q^{1,38}, \quad (10)$$

где Q – затраты энергии на почвообразование, ккал/см²год.

Биологически активная лучистая энергия в области длины волн 380-710 нм (ФАР), используемая растениями в процессе фотосинтеза, является главным фактором при определении продуктивности земель. Теоретически максимально возможный, или «потенциальный урожай» (ПУ), при самых оптимальных значениях метеорологических факторов обеспечивается поступлением ФАР в течение вегетационного периода растений.

ПУ общей сухой фитомассы ($Y_{пу}$) может быть рассчитан из зависимости, предложенной Х.Г. Тоомингом [8]:

$$Y_{пу} = \frac{\eta_{пот} \sum Q_{ф}}{q}, \quad (11)$$

где $\eta_{пот}$ – средний за вегетационный период потенциальный КПД (табл. 5); q – калорийность растений (табл. 6); $Q_{ф}$ – приход ФАР за вегетационный период, ккал/см² (табл. 5)

Для перехода от значения ПУ абсолютно сухой фитомассы к ПУ при стандартной влажности (Y) используется формула [10]:

$$Y = \frac{Y_{пу} 100}{(100 - w)k}, \quad (12)$$

где w – стандартная влажность растения; k – сумма частей в отношении основной продукции к побочной в биомассе (табл. 6).

Урожайность культур (V), обеспеченная агроклиматическими факторами, рассчитывается по формуле В.А. Понько [12]:

$$V = 10K_t K_{фар} \left(e^{\pi k_0 \frac{1}{k_n}} - 1 \right), \text{ если } k_n > 1, \quad (12)$$

где V – урожайность культур, ц зерн. ед/га; K_t – коэффициент теплообеспеченности, рассчитываемый как отношение суммы среднесуточных активных температур за вегетационный период к общей температуре на планете (10946⁰С); $K_{фар}$ – коэффициент использования растениями световой энергии, в базовом варианте принятый за 1, что соответствует КПД ФАР (примерно 2,5%); π , e – постоянные; k_0 – коэффициент развития, равный 1,0507; k_n – коэффициент увлажнения (табл. 6).

Результаты и их обсуждение. При расчете радиационного баланса опытных участков в естественных условиях величина альbedo подстилающей поверхности (табл. 2) была определена значением 0,25 – луг, что полностью соответствует проведенным ранее рекогносцировочным обследованиям анализируемых участков [13].

Альbedo поверхности является составной частью уравнения радиационного баланса и представляет собой отношение между интенсивностью поступающей солнечной радиации к интенсивности отраженной радиации обратно в атмосферу. На изменение величины альbedo поверхности поля в основном влияют такие факторы, как влажность почвы, ее структура и цвет. Применением мелиоративных мероприятий можно напрямую воздействовать

Таблица 5. Значения КПД ФАР [9]

Table 5. Efficiency values PAR [9]

Посевы по их значениям КПД / Crops by their efficiency values	$\square_{пот}$, в долях / $\square_{пот}$, in shares
Обычно наблюдаемые / Commonly seen	0,005-0,015
Хорошие / Good	0,015-0,03
Рекордные / Record	0,035-0,05
Теоретически возможные / Theoretically possible	0,06-0,08

Таблица 6. Содержание энергии в урожае, показатель содержания влаги и ориентировочное соотношение основной продукции к побочной для различных культур [11]

Table 6. Energy content of the crop, moisture content index and approximate ratio of the main product to by-products for different crops

Культура Culture	Влажность, % Humidity, %	Содержание общей энергии в 1 кг хозяйственно полезной части урожая, ккал Total energy content in 1 kg of economically useful part of the crop, kcal	Соотношение основной продукции к побочной Ratio of main products to by-products	k
Пшеница озимая / Winter wheat	14	4493,2	1:1,5	2,5
Рожь озимая / Winter rye	14	4612,7	1:2	3
Ячмень / Barley	14	4493,2	1:1,3	2,3
Овес / Oats	14	4517,1	1:1,1	2,2
Картофель / Potatoes	20	4349,8	1:0,7	1,7
Овощные / Vegetables	90	3417,7	1:0,1	1,1

на изменение значения альbedo: например, оросительные мелиорации изменяют влажность поверхности земли, что приводит к снижению его величины. Это происходит за счет возникновения отражения в водяной пленке, образующейся при поливе на поверхности поля, а также ввиду изменения цвета почвенного покрова на более темный.

Агромелиоративные мероприятия – такие, как глубокая вспашка или рыхление (исключая мероприятия, направленные на выравнивание поверхности), также снижают величину альbedo поверхности за счет изменения направления и угла падения поступающего энергетического потока и изменения структурных элементов почвы. Плотность расположения почвенных агрегатов, угол их наклона и высота шероховатости поверхности земли меняют величину отраженной радиации [6, 14].

Осушение сильно переувлажненных почв также позволяет повысить величину радиационного баланса за счет теплопроводных свойств самой почвы. Нагревание переувлажненных почв происходит гораздо медленнее, и при удалении избытка влаги тепло перераспределяется между почвенными слоями. Верхние слои начинают активнее нагреваться, и тепло уходит вниз. Чем больше разница в температуре между верхними и нижними слоями, тем больше тепла поступает в нижние слои и тем самым повышается дальнейшее поглощение энергии Солнца верхними слоями грунта [15].

После проведения соответствующих культуртехнических и оросительных мелиораций на опытных участках значение альbedo снижается до 0,14 (табл. 2). Чем меньше величина альbedo, тем больше поступающей солнечной энергии будет аккумулироваться почвенным покровом и тем выше будет значение показателя радиационного баланса. С повышением показателя радиационного баланса, как следует из формул (4, 9, 10), будет возрастать значение энергии, необходимое на процессы почвообразования, а значит, увеличится энергия, аккумулируемая в ежегодном приросте растительной массы (табл. 7).

Энергия солнечных лучей участвует не только в процессах почвообразования, но и в самом важном процессе на Земле – фотосинтезе. В течение роста и развития растений влияние солнечной радиации выражается следующим образом:

- происходит регулирование температурного режима. Около 70% солнечных лучей, которые поглощают растения, превращаются в тепло и используются ими в процессе транспирации;

- увеличивается фотосинтез, который использует всю солнечную радиацию в области длины волн 380-710 нм (фотосинтетически активная радиация – ФАР);

- обеспечивается регулирование роста и развития растений за счет изменения длины светового дня, чередования дня и ночи, изменения светового спектра.

Основной источник фотосинтеза – солнечные лучи. В процессе фотосинтеза все органы растений поглощают энергию солнечных лучей, однако больше всего поглощение происходит листовыми пластинами. Ассимилирующие радиацию органы растений должны наиболее полно покрывать почву. В начале вегетации, а также после цветения у большинства растений полное покрытие не формируется. Применение мелиоративных мероприятий, направленных на регулирование теплового и водного режимов, густоты травостоя, ускоренного развития фотосинтетических органов в начале вегетации, оказывает положительное влияние на морфологическую структуру посева, позволяет растениям наиболее эффективно использовать поступающую солнечную энергию и давать высокие урожаи [16].

Способность эффективно использовать лучистую энергию солнца растениями характеризуется показателем КПД, представляющим собой отношение количества запасенной энергии в продуктах фотосинтеза или фитомассе урожая к количеству поглощенной ФАР за вегетационный период. КПД различных растительных сообществ в зависимости от условий произрастания и фазы развития варьируется в пределах от 0,04 до 15,5% [8].

Получение максимального урожая на вновь вводимых землях является главной задачей для сельскохозяйственных товаропроизводителей. При правильном использовании агротехники, орошения, применении удобрений, учитывая коэффициент использования растениями лучистой энергии солнца и данные о фотосинтетической продуктивности посевов, можно рассчитать теоретически возможную урожайность планируемых к выращиванию культур в конкретных условиях.

На рисунке 1 представлены значения сухой фитомассы и фитомассы при стандартной влажности с различными КПД ФАР за вегетационный период для рассматриваемых участков в Дмитровском, Егорьевском и Шаховском районах Московской области.

При оценке продуктивности каждого опытного участка с учетом параметров теплообеспеченности и увлажненности 2021 г. был выполнен

Таблица 7. Энергетические показатели исследуемых участков

Table 7. Energy indicators of the investigated sites

Вещественно-энергетические показатели <i>Substance and energy indicators</i>	Участок 1 (Дмитровский район) <i>Site 1 (Dmitrovsky District)</i>		Участок 2 (Егорьевский район) <i>Site 2 (Egoryevsky district)</i>		Участок 3 (Шаховской район) <i>Site 3 (Shakhovskoy district)</i>	
	в естественных условиях <i>under natural conditions</i>	после проведения мелиоративных работ <i>after fulfillment of the reclamation works</i>	в естественных условиях <i>under natural conditions</i>	после проведения мелиоративных работ <i>after fulfillment of the reclamation works</i>	в естественных условиях <i>under natural conditions</i>	после проведения мелиоративных работ <i>after fulfillment of the reclamation works</i>
Альбедо (Будыко, Берлянд), % <i>Albedo (Budyko, Berlyand), %</i>	25	14	25	14	25	14
Радиационный баланс (Будыко) R, (КДж/см ² год) <i>Radiation balance (Budyko) R, (KJ / cm² year)</i>	120,541	155,589	112,810	145,773	123,619	159,499
Показатель полноты использования радиационной энергии (Волобуев) φ <i>Index of full utilization of radiation energy (Volobuev) φ</i>	0,74	0,69	0,70	0,66	0,72	0,67
Коэффициент увлажнения (Иванов) K _н <i>Wetting coefficient (Ivanov) K_n</i>	1,53	1,29	1,34	1,13	1,41	1,19
Затраты энергии на почвообразование (Волобуев) Q, (ккал/ см ² год) <i>Energy consumption for soil formation (Volobuev) Q, (kcal / cm² year)</i>	21,3	25,99	19,1	23,14	21,27	25,82
Энергия аккумулируемая в ежегодном приросте растительной массы (Волобуев) V, (ккал/см ² год) <i>Energy accumulated in the annual growth of plant mass (Volobuev) V, (kcal / cm² year)</i>	0,27	0,66	0,25	0,61	0,31	0,77
Годичный прирост растительной массы, соответствующий вычисленному количеству энергии Vg (Волобуев), ц/га <i>Annual growth of vegetation mass corresponding to the calculated amount of energy Vg (Volobuev), c / ha</i>	68,11	89,63	58,6	76,35	67,98	88,81

расчет климатически обеспеченной урожайности культур по формуле (12) для переувлажненных зон ($k_n > 1$) [12]. При определении коэффициента теплообеспеченности, входящего в зависимость (12), была рассчитана сумма среднесуточных положительных температур за период вегетации по данным метеостанций (табл. 9).

Как следует из данных таблицы, наиболее благоприятные климатические условия в 2021 г. складывались в Шаховском районе, расположенном в северо-западной части Московской области, где коэффициент увлажнения вегетационного периода составил 1,02 (по Иванову), обеспечив оптимальные условия гидротермического режима. Расчетный продукционный потенциал

составил 56,95 ц з.ед/га. Фактическая урожайность озимой пшеницы в хозяйстве ООО «ТулалашАгро», где находится данный участок 3, составила 33,6 ц з.ед/га. В хозяйстве ООО «Развитие» Егорьевского района, расположенного на юго-востоке области, продукционный потенциал составил 37,55 ц з.ед/га, а фактическая урожайность озимой ржи – 26 ц з.ед/га.

При улучшении агрохимического состояния почвы, которое характеризуется как среднее возможное повышение урожайности, сельхозпредприятие ООО «Развитие» может добиться получения последующих урожаев, близких по значению к климатически обеспеченному. В ООО «Веселый Агроном» фактическая

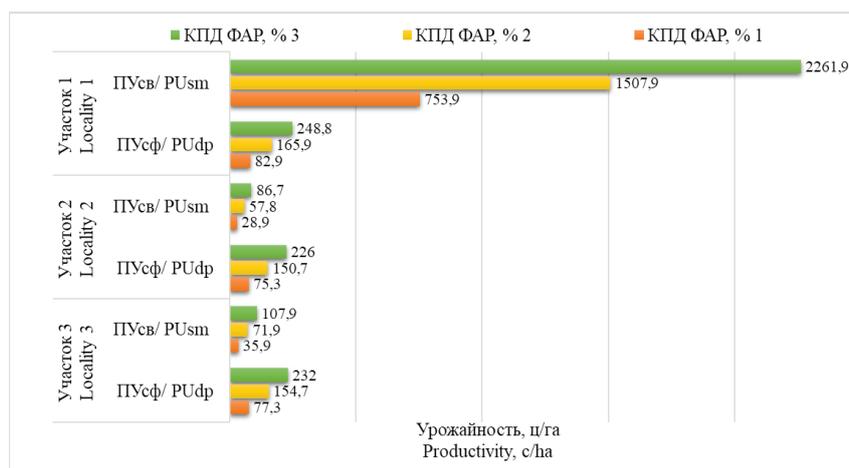


Рис. 1. Потенциальный урожай, ц/га, общей сухой фитомассы и фитомассы при стандартной влажности с различными КПД ФАР за вегетационный период

Fig. 1. Potential yield (c/ha) of total dry phytomass, and phytomass at standard moisture content, with different efficiency of PAR during vegetation period

Таблица 9. Климатические данные и рассчитанная на их основе урожайность культур в 2021 г.
Table 9. Climate data and crop yields calculated on their basis in 2021

Показатель Indicator	Участок 1 (Дмитровский район) Site 1 (Dmitrovsky district)	Участок 2 (Егорьевский район) Site 2 (Egor'yevsky district)	Участок 3 (Шаховской район) Site 3 (Shakhovskoy district)
T_0 сумма среднесуточных положительных температур, °C Total daily mean positive temperatures, °C		2566,9	2563,6
K_t коэффициент теплообеспеченности K_t heat supply coefficient		0,23	0,23
Коэффициент увлажнения, рассчитанный за вегетационный период (Иванов) K_v Moisture coefficient calculated for the growing season (Ivanov) K_v	1,03	1,16	1,02
Фактическая урожайность культур ц/га Actual yield of crops c / ha	35	26	33,6
V урожайность культур ц зерн.ед/га V Crop yield c grain unites / ha	56,95	37,55	57,05

урожайность является достаточно близкой к показателю климатически обеспеченной урожайности ввиду особенностей выращивания конкретной культуры.

Таким образом, по агроклиматическим показателям Московская область является достаточно благоприятной для сельскохозяйственного производства зерновых культур.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать выводы о том, что:

- мелиоративные мероприятия на планируемых к вводу сельскохозяйственных угодьях позволяют увеличить показатель энергии, необходимый в процессах почвообразования,

и последующий, связанный с ним прирост растительной массы;

- своевременное проведение комплекса мелиоративных работ создает благоприятные условия в течение всего вегетационного периода для эффективного использования солнечной энергии растениями в процессах фотосинтеза, что положительно скажется на динамике роста урожайности;

- основанные на различных факторах методы расчета теоретически возможной урожайности культур и продуктивности сельскохозяйственных территорий могут дать максимально полную информацию о потенциальных рисках и будущей эффективности инвестиций в развитие сельскохозяйственной отрасли в части ввода в оборот неиспользуемых земель.

Список использованных источников

1. **Никитин Б.А.** Окультуривание пахотных почв Нечерноземья и регулирование их плодородия. Л.: ВО «Агропромиздат», 1986.
2. **Волобуев В.Р.** Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. С. 128.
3. **Кирейчева Л.В.** Технологии управления продуктивностью мелиорируемых агроландшафтов различных регионов Российской Федерации. М.: ВНИИГиМ, 2008. 81 с.
4. [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/> (дата обращения: 10.04.2023).
5. **Будыко М.И.** Тепловой баланс земной поверхности. Л.: Гидрометеоздат, 1956. 255 с.
6. **Берлянд Т.Г.** Радиационный и тепловой баланс Европейской территории СССР // Труды ГГО. 1948. Вып. 10 (72). С. 68.
7. **Берлянд Т.Г.** Методика климатологических расчетов суммарной радиации // Метеорология и гидрология. 1960. № 6. С. 9-12.
8. **Тооминг Х.Г.** Солнечная радиация и формирование урожая. Монография. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 200 с.
9. **Ничипорович А.А.** Фотосинтез и теория получения высоких урожаев // Тимирязевские чтения М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 1-93.
10. **Каюмов М.К.** Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. 2-е изд. М.: Росагропромиздат, 1989. 389 с.
11. **Усков И.Б., Усков А.О.** Основы адаптации земледелия к изменениям климата: Справочное издание. СПб.: Нестор-История, 2014. С. 384.
12. **Понько В.А.** Оценка и прогнозирование агроклиматических ресурсов; Под ред. А.Н. Власенко, В.К. Каличкина / СибНИИЗиХ, АНИИСХ, ИВЭП СО РАН, НИЦ «Экопрогноз-2». Новосибирск, 2012. 98 с.
13. **Кирейчева Л.В., Васильева Н.А.** Оценка целесообразности введения в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения на примере Московской области. Проведение оценки целесообразности // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65, № 6.
14. **Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П.** Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
15. **Карпенко Н.П., Кирейчева Л.В.** Цифровые технологии и средства контроля для автоматизированного регулирования радиационного баланса агроэкосистем // Природообустройство. 2020. № 2. С. 25-32.
16. **Байер Я.** Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур: Пер. с чешского З.К. Благовещенской / В. Черны, М. Ферик и др. М.: Колос, 1984. С. 367.

Критерии авторства

Васильева Н.А., Кирейчева Л.В. выполнили теоретические и практические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Васильева Н.А., Кирейчева Л.В. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.04.2023

Одобрена после рецензирования 08.06.2023

Принята к публикации 08.06.2023

References

1. **Nikitin B.A.** Cultivation of arable soils of the Non-Black Earth Region and regulation of their fertility. Leningrad: VO "Agropromizdat", 1986.
2. **Volobuev V.R.** Introduction to the energy of soil formation. Moscow: Nauka, 1974. P. 128.
3. **Kireicheva L.V.** Technologies for managing the productivity of reclaimed agricultural landscapes in various regions of the Russian Federation. Moscow: VNIIGiM, 2008. 81 p.
4. Electronic resource: <http://aisori-m.meteo.ru/> (Accessed date 10.04.2023)
5. **Budyko M.I.** Heat balance of the earth's surface. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1956. 255 p. (Accessed date 10.04.2023).
6. **Berlyand T.G.** Radiation and heat balance of the European territory of the USSR // Proceedings of the GGO. 1948. Iss. 10 (72). P. 68.
7. **Berlyand T.G.** Methods of climatological calculations of total radiation // Meteorology and hydrology. 1960. No 6. P. 9-12.
8. **Tooming H.G.** Solar radiation and crop formation. Monograph/ Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 200 p.
9. **Nichiporovich A.A.** Photosynthesis and the theory of obtaining high yields / In the book: Timiryazev reading. Moscow, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1956. P. 1-93.
10. **Kayumov M.K.** Programming the productivity of field crops: a reference book. 2nd ed. M.: Rosagropromizdat, 1989. 389 p.
11. **Uskov I.B., Uskov A.O.** Fundamentals of adaptation of agriculture to climate change (reference book). SPb.: Nestor-Istoriya, 2014. P. 384.
12. **Ponko V.A.** Assessment and forecasting of agroclimatic resources / ed.: A.N. Vlasenko, V.K. Kalichkina / SibNIIZiH, ARISKh, IVEP SB RAS, SIC "Ecoprognoz-2". Novosibirsk, 2012. 98 p.
13. **Kireicheva L.V., Vasilyeva N.A.** Assessment of the expediency of introducing unused agricultural land into circulation on the example of the Moscow region conducting an assessment of expediency // International Agricultural Journal. 2022. T. 65, No 6.
14. **Kireicheva L.V., Karpenko N.P.** Evaluation of the effectiveness of irrigation reclamation in the zonal series of soils // Soil Science. 2015. № 5. P. 587.
15. **Karpenko N.P., Kireicheva L.V.** Digital technologies and means of control for automated regulation of the radiation balance of agroecosystems. 2020. № 2. P. 25-32.
16. **Bayer J.** Formation of the harvest of the main agricultural crops. Translation from the czech Blagoveshchenskaya Z.K. / Cherny V., Ferik M. et al. M.: Kolos, 1984. P. 367.

Criteria of authorship

Vasiljeva N.A., Kireycheva L.V. carried out theoretical and practical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Vasiljeva N.A., Kireycheva L.V. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 12.04.2023

Approved after reviewing 08.06.2023

Accepted for publication 08.06.2023