

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

КИРЕЙЧЕВА Людмила Владимировна, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова

Выполнен анализ современного состояния сельскохозяйственного производства Волгоградской области, которое играет значимую роль в выполнении программы продовольственной безопасности России, поставляя на рынок сельскохозяйственной продукции в денежном эквиваленте 128 млрд руб. в год. Показано, что урожайность и валовый сбор сельскохозяйственных культур может быть значительно повышен за счет увеличения энергетической функции почвы. Предложен коэффициент энергоэффективности почвы, включающий оценку природных энергетических показателей; энергию, заключенную в гумусе и минеральной субстанции почвы, и антропогенную энергию за счет внесения органических и минеральных веществ, что позволяет оценить энергетическое состояние в современных условиях и обосновать необходимость проведения агромелиоративных и гидромелиоративных мероприятий. Выполненные по модели расчеты показали, что для повышения биологической продуктивности почвы, наряду с повышением плодородия, требуется развитие оросительных мелиораций.

28

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Введение. Значимую роль в решении проблемы продовольственной безопасности и наращивании экспорта России играет Волгоградская область, которая в настоящее время поставляет на рынок 3,27 % сельскохозяйственной продукции от общего объема, в том числе, сбор зерновых составляет 3706,8 тыс. т, что в денежном эквиваленте соответствует 128 млрд руб. в год [9].

Основная часть территории области за исключением северо-запада, где влагообеспеченность сельскохозяйственных культур достаточна для багарного земледелия, входит в semiаридную зону, для которой отношение среднегодовой суммы осадков к потенциальной годовой эвапотранспирации (испаряемости) находится в пределах от 0,2 до 0,5. Эта зона слабо защищена от негативного влияния климатических условий, что приводит к снижению объемов производства сельскохозяйственной продукции. В засушливые годы при недостатке влаги в корнеобитаемом слое резко падает эффективность применения минеральных удобрений, а это оказывает влияние не только на объем получаемой сельскохозяйственной продукции, но и значительно снижает ее качество. Волгоградская область с севера на юг пересекает черноземную, каштановую и бурую полупустынную почвенные зоны. На большей части доминируют каштановый, черноземный и солонцовый типы почвообразования. В степной зоне области распространены черноземные и каштановые почвы, в полупустыне – светлокаштановые почвенные разности. Энергетический ресурс почв достаточно велик для получения более высоких показателей продуктивности. Основным фактором, позволяющим увеличить производственный потенциал, является наличие оросительных мелиораций, применение которых не только обеспечивает необходимый режим увлажнения, но и повышает эффективность использования «сухих»

мелиораций, обеспечивая устойчивость сельскохозяйственного производства в годы с неблагоприятными погодными условиями [5].

В настоящее время в области используется 9121 тыс. га сельскохозяйственных земель, из них числятся орошаемых 178,8 тыс. га, однако в 2018 г. регулярно орошались только 50,4 тыс. га [14]. Основными причинами снижения используемых орошаемых земель являются: износ оросительной сети и гидротехнических сооружений; большие затраты на приобретение новой поливной техники и оплату электроэнергии; снижение продуктивности земель за счет проявления деградационных процессов на ранее орошаемых землях.

Площадь орошаемых сельхозугодий в Волгоградской области достигла своего максимума в 1990 г. и составила 352,8 тыс. га, что в значительной степени обусловило эффективность сельскохозяйственного производства (рис. 1).

В 90-е гг. впервые в истории региона было обеспечено кормами собственного производства животноводство степного Заволжья. Удельный вес производства кормов с орошаемых земель в общем объеме производства кормов со всех земель достигал 40 %. Значительно увеличилось производство мяса, молока и яиц, выросло потребление основных продовольственных продуктов животноводства на душу населения. На мелиорированных землях производилось 25 % растениеводческой продукции. Продуктивность орошаемого гектара в целом по области к началу 90-х гг. составляла 3,2–4,6 тыс. к.е./га, что в засушливые годы в 4–5 раз превышало урожайность на багаре. Повышение и восстановление природно-ресурсного потенциала почв является необходимым условием эффективного развития сельского хозяйства и актуальной задачей для АПК Волгоградской области [4].

10
2020

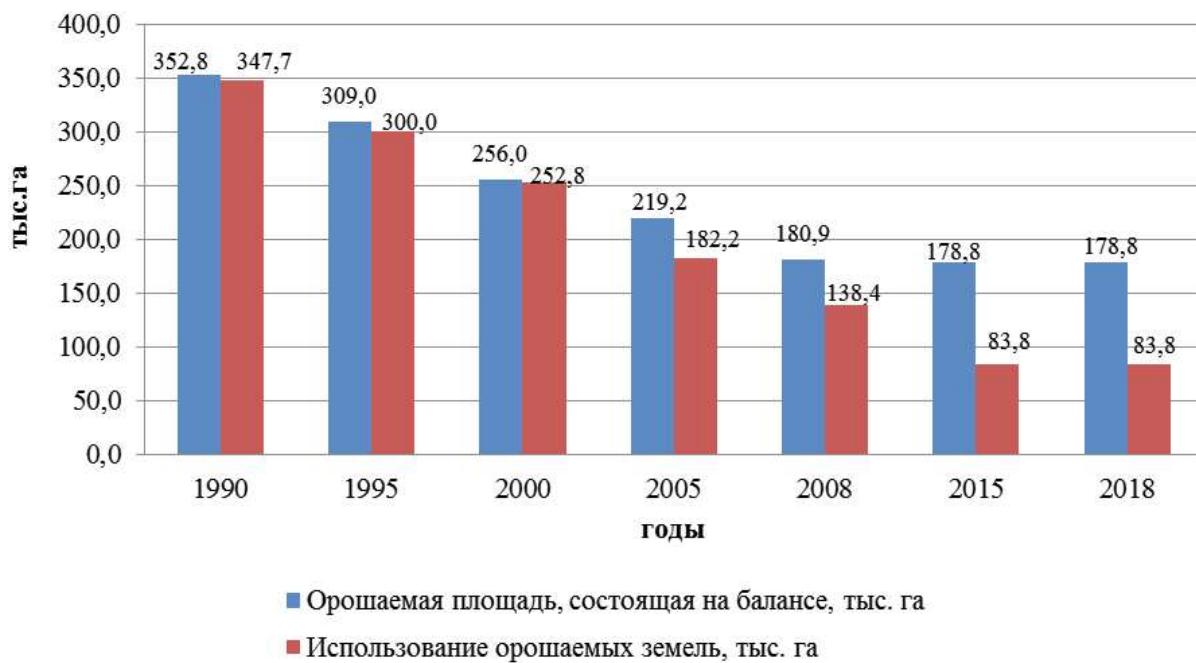


Рис. 1. Динамика орошаемых площадей в Волгоградской области

Цель исследований – оценка энергетического ресурса почв Волгоградской области как основного фактора повышения их производственного потенциала.

Методика исследований. Агропромышленный комплекс Волгоградской области представлен производством зерновых, кормовых, овощных и технических культур. Основные показатели сельскохозяйственного производства по Волгоград-

ской области приведены в табл. 1 и 2 [8, 9, 10, 11].

Несмотря на то, что средняя урожайность зерновых в 2014–2018 гг. по сравнению с 1991–2000 гг. повысилась на 43 % (с 1,26 т/га до 2,16 т/га), продуктивность сельскохозяйственных растений остается ниже потенциально возможной. Резервом в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур является развитие орошения. В настоящее время Волгоградская

Таблица 1

Средняя урожайность основных сельскохозяйственных культур в Волгоградской области, т/га

Культура	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Зерновые	1,64	2,04	1,73	2,4	2,69	1,93
Подсолнечник	1,39	1,17	1,28	1,43	1,25	1,52
Горчица	0,41	0,64	0,51	0,71	0,81	0,39
Овощи	29,95	29,96	30,27	29,36	35,81	34,55
Картофель	11,96	12,85	13,52	13,38	15,21	15,11
Бахчевые	5,71	6,57	6,17	7,13	7,66	8,91
Кукуруза на зеленую массу	11,94	9,36	8,69	12,21	10,25	15,04
Многолетние травы на зеленую массу	4,1	9,0	6,47	9,95	7,63	4,31

Таблица 2

Валовой сбор сельскохозяйственных культур в Волгоградской области, тыс. т

Культура	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Зерновые	3088,45	3913,76	2920,89	4524,4	5651,25	3706,8
Подсолнечник	786,74	683,68	731,08	813,42	574,8	943,28
Горчица	14,89	15,73	12,04	23,47	26,91	16,93
Овощи	797,83	801,27	905,83	923,18	1029,89	1000,09
Картофель	400,01	399,67	428,32	415,74	393,6	218,38
Бахчевые	217,22	249,53	228,46	259,16	231,67	330,33
Кукуруза на зеленую массу	141,66	78,82	75,01	99,62	60,45	88,08
Многолетние травы	9,84	22,89	23,71	40,49	28,32	16,45



область обеспечена поливной техникой для регулярного орошения 50 тыс. га орошаемых площадей с дальнейшей перспективой их увеличения к 2030 г. до 100 тыс. га. Правительство региона выделяет на эти проекты значительные бюджетные средства. Специалисты подсчитали, что создание кормовой базы, основанной на орошении, позволит вдвое увеличить производство животноводческой продукции. При обеспечении необходимого водного и питательного режима почв в зависимости от севооборотов продуктивность может достигнуть 7–12 тыс. к.е./га.

Энергетическая функция почвы – это способность почвы накапливать и запасать природную и антропогенную энергию, обеспечивая ее биологическую продуктивность. За показатель, отражающий и оценивающий величину аккумулированной в почве энергии, можно принять энергопотенциал – как количество энергии, заключенное в гумусе, микробной биомассе, негумифицированном органическом веществе и минеральной субстанции. Для оценки энергии лабильной части гумуса предложен термин «биоэнергетический потенциал» органического вещества (ВЭП) – наибольшее количество энергии, которое можно превратить в работу через биологические системы, что определяет актуальную энергетическую функцию почвы [6]. Для определения количества приходящей лучистой энергии использовали методику М.И. Будыко [1]. Продукционный потенциал определяли по методике П.М. Хомякова и др. [7]. Антропогенная энергия характеризуется внесением в почву минеральных и органических веществ, обеспечивающих благоприятный питательный и кислотно-щелочной режимы для произрастания растений. Регулирование необходимого водного режима почвы обеспечивается естественными осадками. При их недостаточности требуется дополнительное увлажнение путем проведения оросительных мелиораций.

Таким образом, энергетический ресурс почвы можно представить как количество приходящей природной лучистой энергии (радиационный баланс – R) и природных осадков (коэффициент увлажнения – J), количество запасенной в гумусе энергии, выраженной через БЭП. Приняв во внимание вышеизложенные соображения, коэффициент энергетического ресурса почвы ($K_{\text{эп}}$) может быть представлен следующим образом:

$$K_{\text{эп}} = \left(1 - \frac{R - R_p}{R_p}\right) \left(1 - \frac{J - J_p}{J_p}\right) \times \\ \times \frac{\Gamma_\phi}{\Gamma_{\text{max}}} \exp \left(- \frac{\left| \frac{\text{pH}_{\text{опт}} - \text{pH}}{\text{pH}_{\text{опт}}} \right|}{\sqrt[3]{\text{NPK}} (C_{\text{гк}} / C_{\text{фк}})} \right),$$

где R – фактический радиационный баланс, кДж/см²; R_p – радиационный баланс в условиях, необходимых для достижения экологически обоснованной (биологической) продуктивности, кДж/см²; J – коэффициент увлажнения в естественных условиях; J_p – коэффициент увлажнения, необходимый для создания оптимального водного режима почв путем проведения орошения; Γ_ϕ – фактическое содержание гумуса данного типа почв, %; Γ_{max} – максимально возможное содержание гумуса в данном типа почв, %; $\text{pH}_{\text{опт}}$ – оптимальная обменная кислотность и pH – фактическая обменная кислотность для данного типа почв; N, P, K – содержание элементов минерального питания, волях от максимального значения доступных форм для данных условий; $C_{\text{гк}} / C_{\text{фк}}$ – отношение содержания гуминовых кислот к фульвокислотам.

Это безразмерный коэффициент, максимальное значение которого равно 1 при оптимальном увлажнении почвы, что означает максимальную возможность использования природно-климатического потенциала данного региона, включая климатические ресурсы, обеспеченность почвы водными и минеральными ресурсами при оптимальном удовлетворении потребности сельскохозяйственных растений в кислотно-щелочном, водно-воздушном, тепловом и пищевом режимах во все фазы их развития. При недостаточности какого-либо ресурса значение коэффициента $K_{\text{эп}}$ снижается, что можно определить как потерю энергии почвой.

Результаты исследований. Расчеты радиационного баланса для зональных почв Волгоградской области показали, что значения показателей изменяются от зоны черноземных почв к каштановым и светлокаштановым почвам (табл. 3). При орошении радиационный баланс повышается на 2,5–2,8 % для черноземов и 5,5–8,4 % для каштановых почв, т.е. энергия почвообразования увеличивается от 20 до 171 %, что свидетельствует о возможности существенного увеличения энергетического потенциала почвы.

При расчете коэффициента энергетического ресурса почвы учитывали средние значения агротехнических характеристик зональных почв. Содержание гумуса в черноземах изменяется от 6 до 7,5 %, в светло-каштановых почвах вследствие их комплексности варьирование возрастает до 25–35 % и содержание гумуса составляет 1–2 %. То же самое происходит с основными элементами питания: валового азота в обыкновенных черноземах содержится 0,23–0,39 %, в светло-каштановых почвах – 0,1–0,17 %; содержание валового фосфора в светло-каштановых почвах составляет 0,09–0,12 %; обеспеченность подвижным калием средняя и высокая. Величина pH



Энергетические показатели основных зональных почв Волгоградской области для существующих условий и при проведении оросительных мелиорации для среднемноголетнего года, 2000–2018 гг.

Вещественно-энергетический показатель	Условия увлажнения	Основные типы почв				
		черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые и легкосуглинистые	черноземы южные тяжело-суглинистые и легко-суглинистые	темно каштановые тяжело-суглинистые	каштановые легкосуглинистые	светло каштановые посы
Радиационный баланс (Будыко) R , КДж/ $\text{см}^2 \times \text{год}$	Естественные условия	176	194	201	203	210
	Орошение	180	199	212	220	230
Коэффициент увлажнения J	Естественные условия	0,9	0,7–0,8	0,6–0,7	0,5–0,6	Меньше 0,5
	Орошение	1,0–1,05	1,05–1,1	1,1–1,2	1,2–1,3	1,3–1,5
Энергия почвообразования Q_{pp} , кДж/ $\text{см}^2 \times \text{год}$	Естественные условия	102,49	98,58	82,38	57,81	57,81
	Орошение	122,79	135,14	151,35	156,75	150,63

Примечание. Индекс сухости определялся по М.И. Будыко [1], энергия почвообразования по формуле В.Р. Воловуева [2], коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову [3],

водной суспензии в ряду от обыкновенных черноземов до светло-каштановых почв увеличивается от 6,2–7 до 7,3–7,8 [15].

Оптимальные характеристики почв определялись на основании многочисленных литературных источников [6, 7, 15]. Исходные данные для расчета даны в табл. 4.

Расчетное значение энергетической функции почв, представленное в вышеприведенной табл. 4, показывает, что для всех типов почв, кроме черноземов обыкновенных, $K_{\text{ер}}$ не достигает максимальных значений, что связано со снижением актуального плодородия и недостаточным природным увлажнением. Для создания благоприятного для сельскохозяйственных культур мелиоративного режима и покрытия дефицита водного баланса требуется проведение оросительных мелиораций, позволяющих увеличить коэффициент увлажнения и, как следствие, энергетическую составляющую почвы [13]. Сопоставление коэффициента энергетического ресурса для основных типов почв Волгоградской области в современных условиях $K_{\text{ер}}$ и при проведении оросительных мелиораций $K_{\text{ер}}$, приведено на рис. 2.

Выполненные расчеты показали, что прежде всего необходимо развивать оросительные мелиорации на каштановых почвах, где коэффициент энергоэффективности увеличивается для каштановых почв с 0,381 до 0,71 и для светло каштановых почв с 0,249 до 0,69, то есть примерно в 2 раза.

На черноземных почвах энергоэффективность в современных условиях достаточно высокая и составляет 0,945, а при орошении может повыситься до 0,97. Поэтому потребность в орошении актуальна только для наиболее влагоемких культур: овощи, кормовые высокобелковые. Наши исследования по энергетическому состоянию черноземов подтверждают мнение многих ученых, которые не рекомендуют широкомасштабного развития оросительных мелиораций в области распространения типичных и обыкновенных черноземов.

Заключение. Выполненная оценка энергетического ресурса почв Волгоградской области показала, что в современных условиях только у черноземов обыкновенных коэффициент энергетического ресурса почв достаточно высокий: на 18 % ниже оптимального значения благодаря хо-

Таблица 4

Агрохимические характеристики основных типов почв Волгоградской области (оптимальное и фактическое значения)

Тип и подтип почв	Обменная кислотность pH_{KCl}		Гумус, %		$\text{NO}_3 + \text{NH}_4$, мг/кг		P_2O_5 , мг/кг		K_2O , мг/кг		$\text{C}_{\text{TK/FK}}$	$K_{\text{ер}}$ факт.
	опт.	факт.	опт.	факт.	опт.	факт.	опт.	факт.	опт.	факт.	факт.	
Черноземы:												
обыкновенные	7,0	7,0	7,5	7,3	70	16,5	120	16,2	110	300	2	0,945
южные	7,0	7,1	5,0	4,7	60	16,2	85	16	100	300	2	0,757
Лугово-черноземные	7,5	7,8	6,0	5,8	60	16,3	100	16,2	100	300	1,5	0,575
Темно-каштановые	7,0	7,4	4,0	4,0	40	14,2	50	16,6	500	337	1,7	0,604
Каштановые	7,0	7,5	3	2,5	40	14,4	50	14,3	500	412	1	0,381
Светло-каштановые	7,5	7,6	2,0	1,5	30	19,7	45	11,8	425	400	0,9	0,249
Лугово-каштановые	7,5	7,8	3	2,5	30	15,2	45	14	470	300	1,1	0,272

Примечание. Фактические агрохимические показатели почв определены по литературным данным за 2000–2018 гг.

31

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

10
2020

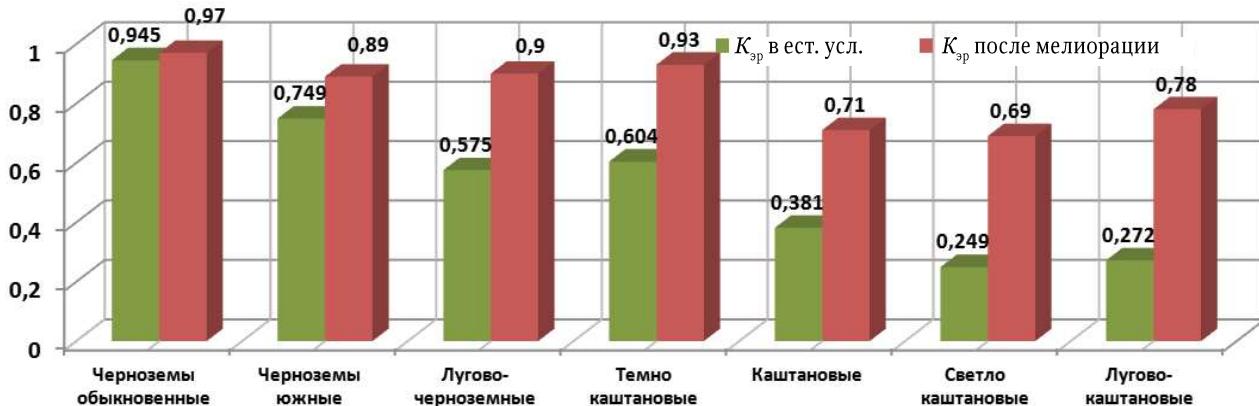


Рис. 2. Значение коэффициента энергетического ресурса почвы в естественных условиях K_{sp} и K_{sp} после проведения гидромелиорации

орошо выраженной буферной системы и высокого организованной структуры. Для каштановых почв K_{sp} ниже на 55–288 %, что связано со снижением актуального плодородия и недостаточным природным увлажнением, т.е. для повышения урожайности сельскохозяйственных культур здесь необходимо развитие оросительных мелиораций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л., 1971. – 470 с.
 2. Валобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М., 1974. – 127 с.
 3. Иванов Н.Н. Об определении величины испаряемости // Изд. ВГО. – 1954. – № 2. – Т. 86. – Вып. 2. – С. 189–219.
 4. Кирейчева Л.В. Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 32–35.
 5. Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почловедение. – 2015. – № 5. – С. 587–596.
 6. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. Оценка энергетического ресурса деградированных почв сельскохозяйственных угодий // Агрономический вестник. – 2019. – № 3. – С. 21–27.
 7. Моделирование развития экологических систем / П.М. Хомяков [и др.]. – М., 2000. – 382 с.
 8. Сельское хозяйство Волгоградской области // Федеральная служба статистики (Росстат). Территориальный орган Федеральной службы гос. статистики по Волгоградской области. – Волгоград, 2010. – 195 с.
 9. Статистический ежегодник Волгоградская область 2017: сб. – Волгоград, 2018. – 768 с.
 10. Статистический обзор. Валовый сбор и урожайность сельскохозяйственных культур в Волгоградской области. 2017–2018 гг. – Волгоград, 2019. – 41 с.
 11. Территориальный орган Федеральной службы госстатистики по Волгоградской области. – Волгоград: Волгоградстат, 2019. – Режим доступа: volgastat.gks.ru.
 12. Хохлова О.Б. Повышение плодородия малопродуктивных и деградированных почв удобрительно-мелиорирующими смесями на основе сапропелей: дис. ... д-ра с.-х. наук / Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – М., 2007. – 302 с.
 13. Шумаков Б.Б., Кирейчева Л.В. Экологические аспекты мелиорации // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1994. – № 4. – С. 46–51.
 14. <http://earthpapers.net/agropoizvodstvennaya-grupprirovka-i-harakteristika-pochv-volgogradskoy-oblasti#ixzz6FWiLJdGI>.
 15. <http://earthpapers.net/agropoizvodstvennaya-grupprirovka-i-harakteristika-pochv-volgogradskoy-oblasti#ixzz6FWiLJdGI>.
- Кирейчева Людмила Владимировна, д-р техн. наук, проф., руководитель научного направления Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. Россия.
127550, г Москва, ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2.
Тел.: 89160067295.**

Ключевые слова: почва; урожайность; энергия; биологическая продуктивность; орошение.

ENERGY ESTIMATION FOR THE MAIN TYPES OF SOILS IN THE VOLGOGRAD REGION

Kireycheva Liudmila Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Russia.

Keywords: soil; yield; energy; biological productivity; irrigation.

The analysis of the agricultural production in the Volgograd region supplying agricultural products in the monetary equivalent of 128 billion rubles per year which plays a significant role in the implementation of the Food Security Program in Russia is carried out. The yield and gross yield

of crops can be significantly increased as the result of the energy growth in the soil. Soil energy efficiency coefficient which includes natural energy indicators; the energy contained in the humus and mineral substance as well as anthropogenic energy being received as the result of organic and mineral substances application to assess the energy status in the modern conditions and to meet the needs for agro-reclamation and hydro-reclamation is proposed. Simulation calculations having carried out with the help of computer the model showed that development of irrigation was required to increase the biological productivity of the soil, along with fertility increase.

