

10. Nigmatov, A. N. Matematicheskoe modelirovanie v e`kologii / A. N. Nigmatov, G. N. Nazarova // Evrazij-skiy soyuz ucheny`x. – 2018. – № 3-2(48). – S. 48-50.

11. Kryuchkov Anatolij Georgievich Matematicheskoe modelirovanie osnova dal`nejshego progressa v sel`-skom hozyajstve // Izvestiya OGAU. 2014. №4 (48). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-osnova-dalneyshego-progressa-v-selskom-hozyaystve> (data obrashheniya: 23.11.2021).

12. Snezhko V.L. Sovremenny`e sposoby` obrabotki danny`x v issledovaniyah gidravlicheskih soprotivlenij turbulenty`x potokov // Nauchno-texnicheskij vestnik Povolzh`ya. 2011. № 1. S. 179-185.

13. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. E`lektronny`j resurs. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (data obrashheniya: 19.11.2021)

Данные об авторе:

Заговорина Екатерина Андреевна, бакалавр, магистрант, направление Природообустройство и водопользование в магистратуре РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева.

e-mail: katyaz34@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева.

Ул. Тимирязевская, 49, 127550, Москва, Россия

Data about the author:

Zagovorina Ekaterina Andreevna, bachelor, master's student, the direction of the magistracy of Environmental management and water use at The Timiryazev Agricultural Academy.

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev.

Timiryazevskaya str.49, 127550, Moscow, Russia

Рецензент:

Снежко В.Л., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автоматизированного проектирования инженерных расчетов РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

DOI: 10.26897/2618-8732-2021-23-52-60

УДК 631.6

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПОВОЛЖЬЯ

Шадских В. А., Кижаяева В. Е.

В статье приводятся результаты исследований по проведению агротехнических мероприятий при возделывании сельскохозяйственных культур на длительно орошаемых темно-каштановых почвах Поволжья и влиянию на их продуктивность. Предложены ресурсосберегающие агротехнические приемы землепользования. Важным направлением повышения эффективности орошаемых земель является совершенствование структуры посевов: целесообразно под кормовые культуры отводить не менее 65 %, зерновые – до 25 %, овощи, картофель и технические культуры – 10 % посевных площадей. При размещении культур по лучшим предшественникам наиболее продуктивно используется поливная влага и эффективное плодородие почвы, повышается действенность агромелиоративных приемов по возделыванию сельскохозяйственных культур, а их урожай возрастает в среднем на 20-25 %. Доказана эффективность применения безотвальной обработки, так как она не ведет к снижению урожайности культур, при этом направлена на предотвращение негативных экологических процессов, таких как эрозия почв, и позволяет экономить энергетические ресурсы. Однако для разуплотнения пахотного горизонта целесообразна разноглубинная система основной обработки почвы. Глубина ее зависит от уровня залегания грунтовых вод и их минерализации. Поливной режим предложено осуществлять дифференцированно с учетом влагозапасов, особенно в почвах тяжелого гранулометрического состава: следует избегать проведения полива после посева культур, во избежание образования почвенной корки и изреженности посевов, а нормы полива устанавливать ниже оптимальных для предотвращения стока.

Ключевые слова: агроценоз; агротехнические приемы; структура посевов; обработка почвы; режим орошения; удобрения; ресурсосбережение; продуктивность.

ENVIRONMENTALLY SOUND RESOURCE-SAVING AGROTECHNICAL MEASURES FOR IRRIGATED AGRICULTURE IN THE VOLGA REGION**Shadskikh V. A., Kizhaeva V. E.**

The article presents the results of research on the conduct of agrotechnical measures in the cultivation of crops on long-term irrigated dark chestnut soils of the Volga region and the impact on their productivity. Resource-saving agrotechnical methods of land use are proposed. An important direction of increasing the efficiency of irrigated lands is to improve the structure of crops: it is advisable to allocate at least 65% for fodder crops, cereals - up to 25%, vegetables, potatoes and industrial crops - 10% of the sown area. When placing crops on the best predecessors, irrigation moisture and effective soil fertility are most productively used, the effectiveness of agromeliorative methods for the cultivation of agricultural crops increases, and their yield increases by an average of 20-25%. The effectiveness of the use of non-moldboard tillage has been proven, since it does not lead to a decrease in crop yields, while it is aimed at preventing negative environmental processes, such as soil erosion, and saves energy resources. However, for decompaction of the arable horizon, it is advisable to use a multi-depth system of basic tillage. Its depth depends on the level of occurrence of groundwater and their mineralization. It is proposed to carry out the irrigation regime differentially, taking into account moisture reserves, especially in soils with a heavy granulometric composition: irrigation should be avoided after sowing crops, in order to avoid the formation of a soil crust and sparse crops, and the irrigation rates should be set below optimal to prevent runoff.

Keywords: agrocenosis; agrotechnical techniques; crop structure; soil cultivation; irrigation regime; fertilization; resource conservation; productivity.

Введение. В современных условиях землепользования эффективность использования ресурсного потенциала длительно орошаемых деградированных почв обеспечивается за счет освоения следующего комплекса агротехнических приемов:

- формирование оптимальной структуры посевных площадей, разработка схем севооборотов продуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур;
- применение водосберегающих почвозащитных технологий основной обработки почвы (разноглубинная отвальная и плоскорезная обработка, дискование, щелевание, рыхление, минимальная обработка и др.);
- использование рациональных систем поливов и удобрений.

Методы исследования. Исследования по изучению продуктивности сельскохозяйственных культур на длительно орошаемых темно-каштановых почвах Поволжья проводились на фоне различных агротехнических мероприятий: режимов орошения и способов основной обработки почвы, использовании системы удобрений [1, 2]. Методологической основой по разработке оптимальных агротехнологий в условиях длительного орошения использовались разноглубинные обработки почвы в типовом орошаемом зернокармном севообороте [3, 4].

В производственных посевах культур в начале и в конце вегетации проводился отбор почвенных образцов из пахотного слоя 0-30 см для определения содержания элементов питания. Кроме того, для поддержания заданных режимов орошения определялась влажность почвы по фазам роста и развития растений. Агротехника возделывания культур традиционная для сухостепной зоны Поволжья в условиях орошения. Основные и сопутствующие наблюдения за ростом и развитием культур, исследование агрофизических и агрохимических свойств почвы и обработка полученных данных были проведены по общепринятым методикам и ГОСТам [5-9].

Результаты многолетних исследований на темно-каштановых длительно орошаемых почвах и опыт орошаемого земледелия в Поволжье доказывают, что одним из важных направлений повышения эффективности орошаемых земель является совершенствование структуры посевов. В структуре посевных площадей под кормовые культуры целесообразно отводить не менее 65 %, зерновые – до 25 %, овощи, картофель и технические культуры – 10 %. В группе зерновых должны преобладать озимые и кукуруза на зерно. В структуре кормовых культур удельный вес многолетних трав (люцерна, костреч безостый, кормосмеси) должен составлять не менее 50% орошаемой пашни. Целесообразно введение высокобелковой культуры – козлятника восточного, который обладает высокой продуктивностью (от 40 до 70 т/га зеленой массы и 5-7 ц/га семян) и питательностью, длительное время может возделываться на одном месте [10, 11].

Сортовые особенности культуры определяют весь характер технологического процесса ее возделывания. При подборе сортов следует руководствоваться, прежде всего, ежегодным каталогом сортов сельскохозяйственных культур, включенных в Государственный реестр и допущенных к использованию. Кроме того, можно использовать сорта и гибриды, хорошо зарекомендовавшие себя на орошаемых землях. Высокую продуктивность сортов и гибридов при орошении можно получить только за счет использования высококачественного посевного материала. Семена первого класса и высших категорий сортовой чистоты (элита и суперэлита) обеспечивают прибавку урожая с.-х. культур на 20-30 %.

При возделывании зерновых и кормовых культур при орошении, следует учитывать их отношение к предшественникам. Даже в условиях полива и внесения достаточного количества удобрений на фоне применения прогрессивной технологии возделывания влияние различных предшественников на урожай последующей культуры не равнозначно. Различия между предшественниками заключаются в уровне потребления влаги и питательных веществ из почвы и накоплении в ней свежего органического вещества, в интенсивности подавления сорняков, наличия одинаковых вредителей и болезней, сроках уборки [12].

При размещении культур по лучшим предшественникам наиболее продуктивно используется поливная влага и эффективное плодородие почвы, повышается действенность каждого агрономического приема по возделыванию сельскохозяйственных культур, а их урожай возрастает в среднем на 20-25 %.

Важнейшим агротехническим приемом является обработка почвы, обеспечивающая создание плодородного пахотного слоя с оптимальным физическим строением и высокой биологической активностью почвы, не нарушающим экологическое равновесие в агроландшафте [13, 14].

Основная и предпосевная обработка - ресурсоемкие технологические операции, включающие отвальную вспашку, которая способствует крошению почвы, повышает ее водопроницаемость, увеличивает запасы влаги. При сильном иссушении пахотного слоя целесообразно провести предпахотный полив нормой 300-350 м³/га. На полях, засоренных корнеотпрысковыми сорняками должно проводиться двукратное лушение [15, 16].

Неблагоприятные условия влагообеспеченности складываются на полях, где в качестве основной обработки почвы применяется мелкая плоскорезная или поверхностная обработка, что обеспечивает снижение стока поливной воды на 30% интенсивнее, чем при отвальной вспашке.

Во избежание уплотнения пахотного горизонта целесообразна разноглубинная система основной обработки почвы. Вспашка на глубину 27-30 см должна проводиться не реже чем через 3-4 года на черноземах, и не реже чем через 2-3 года на каштановых почвах. Наиболее отзывчивы на углубление вспашки – кормовые культуры.

В целях рационального использования поливной воды на посевах зерновых и кормовых культур целесообразно проведение щелевания на глубину 27-30 см, при этом интенсивность впитывания поливной воды увеличивается, а сток воды за пределы поля уменьшается.

Использование обработки почвы без оборота пласта позволяет снизить на расход топлива и увеличить производительность пахотных агрегатов, а также предотвратить развитие эрозийных процессов.

Глубина основной обработки почвы зависит от уровня залегания грунтовых вод и их минерализации. На солонцах темно-каштановых почв основная обработка может проводиться на глубину 30-35 см или применяться ярусная вспашка.

С учетом влагозапасов, особенно в почвах тяжелого гранулометрического состава следует избегать проведения полива после посева культур во избежание образования почвенной корки и изреженности посевов.

Обработка почвы должна быть увязана с технологией полива и особенностями работы дождевальной техники, прежде всего кругового действия. Следует учитывать, что ходовые системы машин и орудий оказывают негативное воздействие на орошаемые почвы: ухудшается водопроницаемость, уменьшается воздухоемкость, резко ухудшаются агрономические свойства структуры, диапазоны активной влаги. Воздействие поливных машин и сельскохозяйственной техники приводит к повышению объемной массы почвы с 1,0-1,2 г/см³ до 1,5-1,8 г/см³, что отрицательно влияет на формирование урожая зерновых культур [4, 13].

Однократное уплотнение почвы тракторами МТЗ, ДТ-75 и Т-74 приводит к снижению урожая озимых, яровых и кормовых культур до 8 %, тракторами Т-150К - на 16 %, К-700, К-700А, К-701 -

до 19%. При двух-трех кратном уплотнении почвы названными группами тракторов происходит снижение урожая, соответственно, на 16, 22 и 27 %.

Негативные последствия можно снизить за счет уменьшения количества проходов агрегатов по полю, увеличения рабочей ширины комбинированных с.-х. машин и выполнения нескольких операций за один проход.

Следует учитывать, что почвы с содержанием гумуса более 3,7% способны разуплотняться до уровня оптимальной для культурных растений объемной массы (1,00-1,23 г/см³). На почвах с содержанием гумуса менее 3,7% регулирование агрофизических свойств почвы крайне необходимо, в первую очередь приемами, обеспечивающими увеличение содержания гумуса [11].

Обработка почвы, особенно основная, является одним из трудоемких и ресурсоемких мероприятий. Поэтому важно использовать комплексы машин и орудий, обеспечивающих наименьшие затраты труда и горючего.

При проведении технологических операций по обработке почвы в условиях орошения следует учитывать агротехнические требования: отклонение глубины обработки почвы от заданной - высота гребней при лущении, вспашке с оборотом пласта, плоскорезной обработке должна быть не более 5 см, а при бороновании и предпосевной культивации - не более 2 см; не допускается наличие глыб крупнее 5-7 см.

В целях создания оптимальных условий влагообеспеченности растений, сохранения плодородия почвы и обеспечения благоприятной мелиоративной обстановки на поле применяют рациональные ресурсосберегающие режимы орошения.

Режим орошения сельскохозяйственных культур включает вегетационные и предпосевные поливы. Необходимость предпосевных поливов определяется уровнем влагообеспеченности в предпосевной период. Их проведение целесообразно при влажности почвы в слое 0-30 см до посева не более 75% наименьшей влагоемкости на тяжелых суглинках, 70% НВ - средних и 65% НВ - на легких суглинках. Нормы предпосевного полива под поздние яровые культуры - 250-300 м³/га, под озимые - 350-400 м³/га.

Вегетационные поливы сельскохозяйственных культур в первый период вегетации составляет от 0-30-50 см, а в период максимального водопотребления и последующий - 0-60-80 см.

Порог предполивной влажности и активного слоя почвы зерновых и кормовых культур в наиболее ответственные фенологические фазы развития растений показан в таблице 1.

Таблица 1

Оптимальная предполивная влажность почвы в зависимости от гранулометрического состава

Период роста и развития	Расчетный слой почвы, см	Влажность расчетного слоя почвы перед поливом, % НВ		
		Гранулометрический состав почвы		
		тяжелосуглинистая	среднесуглинистая	легкосуглинистая
Озимая пшеница				
Всходы-кущение	0-30	75	70	70
Весеннее отрастание-начало трубкования	0-50	75	70	70
Трубкование - начало колошения	0-80	80	70	70
Колошение - налив зерна	0-80	75	70	70
Молочная спелость	0-80	75	70	65
Кукуруза на силос и зерно				
Всходы - 9 листьев	0-50	75	70	70
9 листьев - выметывание метелки	0-80	80	75	70
Выметывание метелки - начало налива зерна	0-80	80	80	75
Налив - созревание зерна	0-80	75	70	65
Люцерна на сено				
Отрастание - ветвление 2-го порядка	0-80	75	70	70

Ветвление 2-го порядка - бутонизация	0-80	80	80	75
Бутонизация - цветение	0-80	75	75	70
Суданская трава				
Формирование первого укоса				
Всходы - кущение	0-30	75	70	75
Кущение - начало выметывания метелки	0-50	80	75	70
Выметывание метелки - цветение	0-80	80	75	75
Формирование второго и третьего укосов				
Отрастание - выметывание метелки	0-80	75	70	70
Выметывание метелки - цветение	0-80	80	75	70
Соя на зерно				
Всходы - ветвление	0-30	75	70	70
Ветвление - бутонизация	0-50	80	75	70
Бутонизация - цветение	0-50	80	75	75
Цветение - начало налива зерна	0-80	80	75	75
Налив - созревание зерна	0-80	75	70	65

Примечание. На посевах многолетних трав элементы режима орошения при формировании второго и последующих укосов аналогичны приведенным в таблице.

Нормы вегетационных поливов также должны быть дифференцированы: до 350 м³/га в начале вегетации с.-х. культур, и 400-500 м³/га в последующий период. Более высокий уровень увлажнения почвы – 75-80% НВ – поддерживается в критические периоды роста и развития растений (бобовые – бутонизация, зерновые - трубкавание - начало налива зерна, кукуруза - до и в период выметывания, цветения метелки и начала налива зерна). Поливные нормы в этот период должны составлять до 500 м³/га, суточный расход на испарение – до 80 м³/га. Завышение поливных норм приводит к инфильтрационным потерям влаги и образованию стока. При выпадении осадков более 15-20 мм проведение поливов должно быть приостановлено [10, 11, 12].

Тактика проведения поливов в севообороте должна быть осуществлена с учетом биологических особенностей возделываемых культур. Так, на посевах кукурузы к проведению первых поливов целесообразно приступать в фазу 5-7 листа, при возделывании люцерны особое внимание должно быть уделено поливам под первые два укоса.

Недостаток влаги в критические периоды развития особенно сильно сказывается на величине урожая и его качестве. К примеру, у кукурузы недостаток влаги в критический период в течение 1-2 дней в начале фазы выметывания снижает урожай на 22 %, а в течение 6-8 дней - на 50 %. В целом, недостаточная влагообеспеченность в критические периоды снижает урожай у зерновых и кормовых культур до 50 % и более, причем потери эти невосполнимы.

Не следует размещать интенсивно поливаемые культуры на отдельных полях в конце крупных оросительных систем, так как в ранневесенний и позднесенний периоды поливы требуют дополнительных энергозатрат.

С учетом уровня залегания грунтовых вод и степени их минерализации следует оптимизировать режим орошения с.-х. культур. При УГВ 1,0-1,5 м поле практически нельзя использовать для посева сельскохозяйственных культур. На участках с пресной или слабоминерализованной грунтовой водой, поливную норму можно уменьшить до 250-300 м³/га, не допуская подъема УГВ [14].

Использование органических и минеральных удобрений способствует сохранению плодородия, повышению продуктивности расхода оросительной воды на формирование урожая.

Рекомендуемые дозы удобрений должны быть достаточными для формирования продуктивности посевов заданного уровня и обеспечивать растения доступными элементами питания. Баланс азота, фосфора и калия как под отдельными культурами, так и в целом в орошаемых севооборотах должен быть бездефицитным. Применение оптимальных доз позволит восполнить дефицит элементов питания и довести их концентрацию до необходимых уровней.

Под основную обработку почвы следует вносить фосфорные и калийные удобрения. Из общей дозы азотных удобрений под основную обработку вносятся 50-75 %, остальная часть используется для проведения подкормок в течение вегетации, которые вносятся с учетом почвенной и растительной диагностики [7, 17, 18].

Удовлетворение потребности растений в элементах питания для получения планируемого хозяйством экономически целесообразного уровня урожайности должно стать основой стратегии использования удобрений при их дефиците, суть которой следующая:

- при дефиците минеральных удобрений их следует вносить требуемой нормой на ограниченной площади, прежде всего под культуры, обеспечивающие наибольшую их окупаемость (озимая пшеница, кукуруза на силос и зерно), а не рассредоточивать их по всей орошаемой пашне;
- минеральные удобрения нецелесообразно вносить на полях с очень низкой обеспеченностью почвы элементами питания, так как получить на них высокий урожай даже при значительных дозировках удобрений невозможно;
- минеральные удобрения можно не вносить на полях с высоким и очень высоким плодородием, где урожайность может быть получена за счет резервов почвы, но при этом надо вести контроль за изменением содержания питательных веществ в ней, чтобы не допустить чрезмерного ее истощения [8];
- на полях, где по уровню плодородия требуется применение минеральных удобрений, первоочередно они должны вноситься под культуры, обеспечивающие наибольшую их окупаемость;
- при возделывании культур в прифермских севооборотах их потребность в питательных веществах можно удовлетворять внесением органических удобрений (навоза). Однако при возникновении азотного голодания следует проводить азотные подкормки;
- особенно желательно внесение органики на длительно орошаемых участках с пониженным содержанием доступных форм фосфора и калия.

Для внесения удобрений используют различные технические средства и технологии. На расфасовке и измельчении минеральных удобрений целесообразнее применять агрегаты АИР-20 с электроприводом; для загрузки самолетов - загрузчик ЗСВУ-3, комбинированных сеялок, сажалок, плоскорезов-удобрителей - загрузчики ЗАУ-3, разбрасывателей удобрений - наиболее экономичные погрузчики ПЭ-0,8Б и ПЭА-1,0. Сравнительная оценка эффективности различных разбрасывателей минеральных удобрений свидетельствует, что при прямоточной технологии внесения удобрений при норме от 1 до 7 ц на 1 га при расстоянии транспортировки до 7 км экономичнее по энергозатратам агрегаты на базе 1 РМГ-4 и МВУ-5. При более высоких нормах удобрений и длине маршрута более 7 км экономичнее использовать разбрасыватели МВУ-8Б. При перегрузочной схеме внесения удобрений выгоднее использовать разбрасыватели 1 РМГ-4, МВУ-5, а на перевозке удобрений - автомобиль-самосвалы.

Перегрузочная схема при внесении удобрений от 1 до 10 ц на 1 га экономичнее прямоточной, если расстояние транспортировки удобрений до поля превышает 3 км при использовании автомобиль-самосвалов.

При внесении органических удобрений до 35-40 т/га эффективнее прямоточная схема разбрасывания навоза с использованием разбрасывателей МТТ-13, ПРТ-16, МТТ-19 и погрузчиков ПНД-250, ПЭА-1,0, а при внесении навоза свыше 35-40 т/га – двухфазная схема с применением валкователей-разбрасывателей. Перевалочная схема при внесении навоза экономически невыгодна, ибо она ведет к значительному удорожанию работ, хотя и имеет определенные плюсы – органические удобрения вносятся в менее напряженные периоды работ, повышается производительность машин на разбрасывании.

В орошаемой земледелии создаются благоприятные условия для развития вредителей, болезней и сорных растений. Рекомендуемая система защиты посевов должна обеспечивать снижение или полное их уничтожение. Она должна носить системный с применением комплексных методов борьбы: агротехнического, химического, биологического и др. [9, 17].

При использовании химического метода необходимо применять менее токсичные препараты, не обладающих канцерогенными свойствами для снижения экологического ущерба в системе защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков. Применять пестициды следует при развитии до уровня экономического порога вредоносности объектов, используя при этом только способы, не наносящие вреда полезной флоре, фауне, водным источникам, человеку [18, 19]. Необходимо строгое соблюдение норм внесения пестицидов и инструкций по соблюдению техники безопасности работы с ними. Не должны нарушаться зоны, в которых введен запрет на их использование.

Выводы. Таким образом, на основании многолетних исследований на длительно орошаемых землях Поволжья установлено, что высокая продуктивность и отдача с орошаемого гектара обеспе-

чивается при получении следующих урожаев сельскохозяйственных культур: зерновые – 3,2 т/га, в т. ч. озимая пшеница – 3,5 т/га, яровая пшеница – 3,0 т/га, кукуруза на зерно – 6 т/га, соя – 2,5 т/га; кормовые – сена – 7,5 т/га, зеленой массы – 35-40 т/га, кукурузы на силос – более 40 т/га; овощи – 30 т/га.

Доказано, что эффективность орошения обеспечивается до 50 % за счет поливов, до 30 % от внесения удобрений, остальное зависит от сорта, агротехники, применяемых гербицидов и других факторов.

Современное орошаемое земледелие располагает значительным потенциалом, реализация которого позволяет повысить продуктивность и рентабельность поливного гектара, способствует ресурсосбережению, предотвращению развития эрозионных процессов и положительно влияет на экологию агроландшафта.

Литература

1. Шадских В.А., Романова Л.Г., Кижяева В.Е. Основные принципы оптимизации экологической ситуации орошаемых агроландшафтов степной и сухостепной зон Поволжья // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 6. С. 17-20.
2. Филин В.И. Агрохимические проблемы и принципы управления плодородием почв // Почвенно-экологические проблемы в степном земледелии. Пушино, 1992. С. 71-86.
3. Маркин Б.К. Экономическое обоснование севооборотов при орошении в Поволжье: диссертация ... кандидата экономических наук: 08.00.05 Саратов 1984.
4. Шадских В.А., Кижяева В.Е., Рассказова О.Л., Панченко Т.А. Почвозащитные особенности основной обработки почвы в звене орошаемого севооборота // Научная жизнь. М., 2018. № 6. С. 77-84.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // 6-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат. 2010. 352 с.
6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв // М.: Агропромиздат. 1986. 416 с.
7. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд. М.: МГУ. 1970. 488 с.
8. Качинский Н.А. Почва, её свойства и жизнь. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1975. 296 с.
9. Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте. Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1973. 223 с.
10. Токарев К.Е., Лебедь Н.И., Кузьмин В.А., Чернявский А.Н. Теория и технологии управления орошением сельскохозяйственных культур на основе информационных технологий поддержки принятия решений и математического моделирования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 433-448.
11. Шадских В.А., Романова Л.Г., Кижяева В.Е., Рассказова О.Л., Панченко Т.А. Рекомендации по использованию комплекса агромелиоративных приемов, обеспечивающих стабилизацию почвенного плодородия, повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и экономное расходование материальных ресурсов на орошаемых землях Поволжья // Саратов. 2020. 54 с.
12. Шадских В.А., Кижяева В.Е., Рассказова О.Л. Оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур для различных зон Саратовской области // Мелиорация и водное хозяйство. М., 2019. № 6. С. 4-9.
13. Шадских В.А., Кижяева В.Е., Романова Л.Г. Влияние культур орошаемого зернокармального севооборота на агрофизические и агрохимические свойства почвы // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 4(32). С.166-183.
14. Безднина С. Я. Оптимальные параметры мелиоративного режима почв // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 11. С. 58–63.
15. Семенов С.Я. Исследование влияния орошения на свойства и плодородие почвы // Аграрная наука. 2004. № 6. С. 27.
16. Korsak V., Pronko N., Karpova O., Shadskikh V., Kizhaeva V. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river // Advances in Dynamical Systems and Applications. ISSN 0973-5321, Volume 16, Number 1, (2021) – pp. 121-132.
17. Васильев В. А., Филиппова Н. В.. Справочник по органическим удобрениям // М.: Росагропромиздат, 1988. 255 с.
18. Шадских В.А., Кижяева В.Е. Использование агроэкологических приемов основной обработки темно-каштановой почвы для оптимизации ее водно-физических свойств // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 1. С. 45-47.
19. Кирейчева Л.В., Решеткина Н.М. Концепция создания устойчивых мелиоративных агроландшафтов // РАСХН, ВНИИГиМ. М., 1997. 54 с.

References

1. Shadskikh V.A., Romanova L.G., Kizhaeva V.E. Osnovnye printsipy optimizatsii ekologicheskoi situatsii oroshaemykh agrolandshaftov stepnoi i sukhostepnoi zon Povolzhia // Melioratsiia i vodnoe khoziaistvo. 2017. № 6. S. 17-20.
2. Filin V.I. Agrokhimicheskie problemy i printsipy upravleniia plodorodiem pochv // Pochvenno-ekologicheskie problemy v stepnom zemledelii. Pushchino, 1992. S. 71-86.
3. Markin B.K. Ekonomicheskoe obosnovanie sevooborotov pri oroshenii v Povolzhe: dissertatsiia ... kandidata ekonomicheskikh nauk: 08.00.05 Saratov 1984.
4. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Rasskazova O.L., Panchenko T.A. Pochvozashchitnye osobennosti osnovnoi obrabotki pochvy v zvene oroshaemogo sevooborota // Nauchnaia zhizn. M., 2018. № 6. S. 77-84.
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia) // 6-e izd., pererab. i dop. M.: Agropromizdat. 2010. 352 s.
6. Vadiunina A.F., Korchagina Z. A. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochv // M.: Agropromizdat. 1986. 416 s.
7. Arinushkina E. V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. 2-e izd. M.: MGU. 1970. 488 s.
8. Kachinskii N.A. Pochva, ee svoistva i zhizn. 3-e izd., pererab. i dop. M.: Nauka, 1975. 296 s.
9. Rekomendatsii po metodike provedeniia nabliudeniia i issledovaniia v polevom opyte. Saratov: Privolzh. kn. izd-vo, 1973. 223 s.
10. Tokarev K.E., Lebed N.I., Kuzmin V.A., Cherniavskii A.N. Teoriia i tekhnologii upravleniia orosheniem sel'skokhoziaistvennykh kultur na osnove informatsionnykh tekhnologii podderzhki priniatiia reshenii i matematicheskogo modelirovaniia // Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2020. № 4 (60). S. 433-448.
11. Shadskikh V.A., Romanova L.G., Kizhaeva V.E., Rasskazova O.L., Panchenko T.A. Rekomendatsii po ispolzovaniiu kompleksa agromeliorativnykh priemov, obespechivaiushchikh stabilizatsiiu pochvennogo plodorodiia, povyshenie produktivnosti sel'skokhoziaistvennykh kultur i ekonomnoe raskhodovanie materialnykh resursov na oroshaemykh zemliakh Povolzhia // Saratov. 2020. 54 s.
12. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Rasskazova O.L. Optimizatsiia rezhima orosheniia sel'skokhoziaistvennykh kultur dlia razlichnykh zon Saratovskoi oblasti // Melioratsiia i vodnoe khoziaistvo. M., 2019. № 6. S. 4-9.
13. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Romanova L.G. Vliianie kultur oroshaemogo zernokormovogo sevooborota na agrofizicheskie i agrokhimicheskie svoistva pochvy // Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NII problem melioratsii. 2018. № 4(32). S.166-183.
14. Bezdina S. Ia. Optimalnye parametry meliorativnogo rezhima pochv // Gidrotekhnika i melioratsiia. 1986. № 11. S. 58-63.
15. Semenenko S.Ia. Issledovanie vliianiia orosheniia na svoistva i plodorodie pochvy // Agrarnaia nauka. 2004. № 6. S. 27.
16. Korsak V., Pronko N., Karpova O., Shadskikh V., Kizhaeva V. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river // Advances in Dynamical Systems and Applications. ISSN 0973-5321, Volume 16, Number 1, (2021) – pp. 121-132.
17. Vasilev V. A., Filippova N. V.. Spravochnik po organicheskim udobreniiam // M.: Rosagropromizdat, 1988. 255 s.
18. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E. Ispolzovanie agroekologicheskikh priemov osnovnoi obrabotki temno-kashtanovoi pochvy dlia optimizatsii ee vodno-fizicheskikh svoistv // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. 2014. № 1. S. 45-47.
19. Kireicheva L.V., Reshetkina N.M. Kontsepsiia sozdaniia ustoichivykh meliorativnykh agrolandshaftov // RASKhN, VNIIGiM. M., 1997. 54 s.

Сведения об авторах

Шадских Владимир Александрович, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. SPIN-код: 9501-6019, AuthorID: 476506, ScopusID 57224995135

Кижаева Вера Евгеньевна, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 6754-5928, AuthorID: 507311, ScopusID 57224992060

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»,
ул. Гагарина,1, 413123, г. Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация,
volzniigim@bk.ru тел.8-(8453)-754420

Data about the author

Shadskikh V. A., Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor .
SPIN-код: 9501-6019, AuthorID: 476506, ScopusID 57224995135

Kizhaeva V. E., Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences
SPIN-код: 6754-5928, AuthorID: 507311, ScopusID 57224992060

Federal state budgetary scientific institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation», Gagarina, 1, 413123, Engels, Saratov region, Russian Federation

DOI: 10.26897/2618-8732-2021-23-60-65

УДК 70.25.00

АНАЛИЗ ОБЪЕМА СБРОСА ЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПО БАССЕЙНАМ РЕК И МОРЕЙ РФ

Хуцишвили А.Т.

Исследование проведено на основании официальных данных Службы государственной статистики Российской Федерации за 1993 – 2020 года. Проанализирован ряд динамики объема сброса загрязненных сточных вод по бассейнам отдельных рек и морей РФ. Построены интегральные и выборочные кривые распределения. Для построения модели прогноза было построено факторное поле, а также проверено качество полученной модели по отдельным критериям. Было составлено уравнение регрессии, которое использовали для составления краткосрочного прогноза на 2021-2022 гг. Указан комплекс мер необходимый для уменьшения показателя по объему сброса загрязненных сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, математическая модель, факторное поле, уравнение регрессии, прогноз, комплекс мер.

ANALYSIS OF THE VOLUME OF DISCHARGE OF POLLUTED WASTEWATER IN THE BASINS OF RIVERS AND SEAS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Khutsishvili A.T.

The study was conducted on the basis of official data of the State Statistics Service of the Russian Federation for 1993 - 2020. A number of dynamics of the volume of discharge of polluted wastewater in the basins of individual rivers and seas of the Russian Federation are analyzed. Integral and selective distribution curves are constructed. To build a prediction model, a factor field was constructed, and the quality of the resulting model was checked according to individual criteria. A regression equation was compiled, which was used to make a short-term forecast for 2021-2022. A set of measures necessary to reduce the indicator on the volume of discharge of contaminated wastewater is indicated.

Keywords: wastewater, mathematical model, factor field, regression equation, forecast, set of measures.

Введение. Проблема экологии на протяжении многих лет остается одной из главных и трудно-решаемых проблем для России. Одна из которых, загрязнения водных бассейнов сбросами загрязнённых сточных вод, до сих пор остается нерешенной.

Сброс сточных вод может производиться в канализационные системы, в водоемы различного назначения и непосредственно на рельеф. При этом, естественно, страдает экология, что недопустимо в соответствии с природоохранным законодательством нашей страны.

В августе 2019 г. в городе Курск произошла авария, повлекшая за собой не малый ущерб для предприятия «Водоканал». Результаты расследования показали, что компания «Экотекс» сбросила в канализацию сточные воды, превышающие допустимые нормы. В стоке находились химические и токсичные вещества, в следствии чего ил умер, и очистка не могла происходить должным образом. Эта авария повлекла за собой негативные последствия не только для предприятий, но также и для речных жителей, и для жителей близ лежащих населенных пунктов. По Российскому законодательству компании придется возместить нанесенный ущерб, средства пойдут на восстановления ила и рыб [1].

Все промышленные, коммунальные и сельскохозяйственные производства в РФ, имеющие прямые выпуски сточных вод в водные объекты, должны нормировать нагрузку на водные объекты на основе расчета нормативов допустимого сброса, а бассейновые водные управления разрабатывать бассейновые нормативы допустимого воздействия на весь водный объект.