СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-04

CRITICAL TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF PREVIOUS LAND FOR ORGANIC PRODUCTION

V. A. Shevchenko, V. V. Borodychev, M. N. Lytov

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics
and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»*

Received 10.07.2020

Submitted 02.09.2020

Summary

The possibility and prospects of the development of long-term unused, including the former reclaimed lands for the production of organic products, are being investigated. Conditions are formalized for optimizing a package of critical technologies in solving this problem based on a system of target and technological functions.

Abstract

Introduction. The development of previously abandoned, including the former reclaimed agricultural land for the production of organic farming products is one of the promising options for solving the problem of unused lands in Russia. Organic agriculture, as well as the features of land development with long-term uncontrolled successions, impose special requirements on the agricultural technologies used. This is especially true of technologies related to ensuring the phytosanitary purity of crops, regulating the regime of mineral nutrition and expanded reproduction of soil organic matter, as well as solving the problem of optimal water supply for crops. These areas are unique in terms of the range of requirements for technologies, and the technologies themselves can rightfully be considered «critical» in the development of long-term unused agricultural lands for the production of organic products. **Object.** The object of research is technologies and complexes of agricultural technologies used for the production of organic products, taking into account the peculiarities of the development of not used for a long time, including the former reclaimed agricultural lands. **Materials and methods.** The aim of the research is to formalize the conditions for optimizing the package of critical technologies for the development of previously abandoned lands for the production of organic products. The research methodology is based on the analysis of available technologies used in accordance with the principles of organic farming, the features of the construction of agro-technological complexes in the development of long-term unused agricultural lands with the formalization of target and technological functions at the level of mathematical abstraction. **Results and conclusions.** The research formalized the conditions for optimizing the package of critical technologies for the development of previously abandoned lands when organizing the production of organic products. Target and technological functions have been formulated, which make it possible to systematically assess the complex effect of technologies on various factors of plant life and the dependence of target criteria on the combined action of a number of technologies from the composition of the designed technological complex. Regarding the group of tasks to ensure the safe phytosanitary state of sowing, the target function is set by minimizing the generalized coefficient of the phytosanitary state of sowing, determined by the product of the density of colonization of unwanted biological objects (weeds, pests, plant pathogens) by the coefficient of their individual harmfulness. Actually, the very density of the population of harmful objects is determined by the ratio before and after the application of the technology through the function of the influence of this very technology. Regarding the group of tasks to ensure the expanded reproduction of soil fertility, the target function is set by maximizing the coefficient of reproduction of organic matter with a zero balance of formation and consumption of available nutrients. Regarding the problem of ensuring optimal water supply for sowing, the target function is set by minimizing the root-mean-square deviation of soil moisture from the level optimal for the cultivated crop with the least resource consumption for the technology implementation. Technological functions are represented by a system of equations that determine the influence of each of the evaluated technologies on the regulated com-

ponents of the water balance and the water-physical properties of the soil. The joint solution of the system of technological functions, taking into account the proposed formulation of the objective function, makes it possible to design optimal technological complexes with the fullest consideration of the requirements for organic agriculture and the peculiarities of the development of long-term unused agricultural lands.

Key words: *fallow land, renewal, organic farming, critical technologies, optimization.*

Citation. Shevchenko V. A., Borodychev V.V., Lytov M.N. Critical technologies for the development of previous land for organic production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 45-61 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-04.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.67: 631.171

КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ РАНЕЕ БРОШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

В. А. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

В. В. Бородычев, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А. Н. Костякова (Волгоградский филиал)*

Дата поступления в редакцию 10.07.2020

Дата принятия к печати 02.09.2020

Актуальность. Освоение ранее брошенных, в том числе бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения для производства продукции органического земледелия, является одним из перспективных вариантов решения проблемы неиспользуемых земель в России. Органическое сельское хозяйство, равно как и особенности освоения земель с длительно не контролируемые сукцессиями предъявляют особые требования к применяемым агротехнологиям. Особенно это касается технологий, связанных с обеспечением фитосанитарной чистоты посевов, регулированием режима минерального питания и расширенного воспроизводства органического вещества почвы, а также с решением проблемы оптимального водообеспечения посевов. Эти направления уникальны по спектру предъявляемых к технологиям требований, а сами технологии по праву могут считаться «критическими» при освоении длительно не используемых сельскохозяйственных земель для производства органической продукции. **Объект.** Объектом исследований являются технологии и комплексы агротехнологий, применяющихся для производства органической продукции с учетом особенностей освоения длительно не используемых, в том числе бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. **Материалы и методы.** Целью исследований является формализация условий для оптимизации пакета критических технологий освоения ранее брошенных земель для производства органической продукции. Методология исследований базируется на анализе имеющихся технологий, применяемых в соответствии с принципами органического земледелия, особенностей построения агротехнологических комплексов при освоении длительно не используемых сельскохозяйственных земель с формализацией целевых и технологических функций на уровне математической абстракции. **Результаты и выводы.** Исследованиями формализованы условия для оптимизации пакета критических технологий освоения ранее брошенных земель при организации производства органической продукции. Сформулированы целевые и технологические функции, позволяющие системно оценивать комплексное влияние технологий на различные факторы жизни растений и зависимость целевых критериев от совокупного действия ряда технологий из состава проектируемого технологического комплекса. Относительно группы задач по обеспечению благополучного фитосанитарного состояния посева целевая функция задана

минимизацией обобщенного коэффициента фитосанитарного состояния посева, определяемого произведением плотности заселения нежелательными биологическими объектами (сорняки, вредители, растительные патогены) на коэффициент их индивидуальной вредоносности. Собственно, сама плотность заселения вредоносными объектами определяется отношением до и после применения технологии через функцию воздействия этой самой технологии. Относительно группы задач по обеспечению расширенного воспроизводства плодородия почвы целевая функция задана максимизацией коэффициента воспроизводства органического вещества при нулевом балансе образования и расходования доступных питательных элементов. Относительно проблемы обеспечения оптимального водообеспечения посева целевая функция задана минимизацией среднеквадратичного отклонения влажности почвы от оптимального для возделываемой культуры уровня при наименьших затратах ресурсов на реализацию технологии. Технологические функции представлены системой уравнений, определяющих влияние каждой из оцениваемых технологий на регулируемые компоненты водного баланса и водно-физические свойства почвы. Совместное решение системы технологических функций с учетом предложенной постановки целевой функции позволяет проектировать оптимальные технологические комплексы при наиболее полном учете требований к органическому сельскому хозяйству и особенностям освоения длительно не используемых сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: залежные земли, возобновление использования земель, органическое земледелие, критические технологии, оптимизация земледелия.

Цитирование. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Критические технологии освоения ранее брошенных земель для производства органической продукции. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 45-61. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-04.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Органическое сельское хозяйство сегодня является современным образцом весьма удачного бренда определенной категории сельскохозяйственной продукции. Этот бренд возник в противовес интенсивному сельскому хозяйству и базируется на его противоречиях в области экологии и безопасности продуктов питания. Действительно, интенсивное сельское хозяйство сегодня трудно представить без сельскохозяйственной химии. Химические препараты применяются для защиты растений от вредителей и болезней, в борьбе с распространением сорной растительности для восполнения элементов минерального питания в почве, в качестве почвоулучшителей, стимуляторов роста и др. [2, 10, 14]. Химия применяется как средство снижения трудоёмкости производства, улучшения экономических показателей даже в тех случаях, когда есть экологически более оправданные альтернативы. Следствием этого являются: ухудшение общего экологического фона, накопление различного рода токсических веществ в продуктах питания, что впоследствии отражается на здоровье потребителя. Такая точка зрения не является бесспорной, совершенствуются и разрабатываются новые технологии, сельскохозяйственная химия становится все более высокоселективной, что позволяет снижать дозировки и экологические риски интенсивного сельского хозяйства. Однако органическое сельское хозяйство как бренд построено в предположении (в значительной мере обоснованном) о невозможности тотального контроля режимов применения сельскохозяйственной химии. Ведь в условиях рынка приоритет остается за экономической эффективностью производства, даже если для этого нужно применять дешевые высокотоксичные препараты, генетически модифицированные организмы, высокие и сверхвысокие дозы минеральных удобрений. Бренд органического сельского хозяйства базируется на пол-

ном отказе от такого рода технологий, гарантируя экологическую безопасность производимых продуктов питания [6, 16, 22-24]. Сегодня этот бренд получил широкое распространение в Европе, Северной Америке и Австралии, преимущественно в странах, где экономическое благополучие потребителей позволяет им все в большей степени задумываться о качестве потребляемых продуктов питания.

В России этот бренд пока еще не получил должного развития [11]. Конечно, в стране еще достаточно остро стоят проблемы импортозамещения и продовольственной безопасности, весомы приоритеты по продуктивности и в плане экономической конкурентоспособности производства, да и закон об органическом сельском хозяйстве принят совсем недавно. Однако уже сегодня ежегодно растут объемы экспорта сельскохозяйственной продукции, а продукция органического сельского хозяйства во многом определяет горизонты экспортного потенциала на будущее.

Конверсия сельскохозяйственного производства с учетом принципов органического сельского хозяйства требует достаточно длительного времени и невозможности на этом этапе затрат ресурсов. Кроме того, к землям, отводимым под производство органической продукции, предъявляются весьма жесткие требования, что само по себе ограничивает возможности развития органического сельского хозяйства. Наряду с этим, в России все еще не решенной остается проблема выведенных из оборота, неиспользуемых сельскохозяйственных земель [3, 15, 19]. В значительной мере это так называемые «неудобные» земли, расположенные на удаленных участках со слаборазвитой инфраструктурой и транспортной сетью. Большая часть этих земель имеет одно большое преимущество, – это «экологически благополучные» территории [1]. Освоение таких земель для производства органической продукции возможно без длительного периода конверсии, проекты, что называется, можно создавать «с нуля». Целью настоящего исследования является формализация условий для оптимизации пакета критических технологий освоения ранее брошенных земель для производства органической продукции.

Материалы и методы. Рабочей гипотезой исследований стало предположение о необходимости системного решения проблемы освоения выбывших из оборота земель сельскохозяйственного назначения, включая земли мелиорированного фонда, когда наряду с законодательными и организационно-экономическими способами, используются оптимальные, предметно-ориентированные технико-технологические модели, инновационные технологии, новейшие достижения науки и техники. В качестве одной из перспективных моделей возобновления сельскохозяйственной деятельности на ранее брошенных землях предполагается организация производства органической продукции [1, 18]. Однако органическое сельское хозяйство, равно как и особенности освоения земель с длительно не контролируемыми сукцессиями предъявляют особые требования к применяемым агротехнологиям. Особенно это касается технологий, связанных с обеспечением фитосанитарной чистоты посевов, регулированием режима минерального питания и расширенного воспроизводства органического вещества почвы, а также с решением проблемы оптимального водообеспечения посевов [5, 8, 17, 20, 21]. Эти направления уникальны по спектру предъявляемых к технологиям требований, а сами технологии по праву могут считаться «критическими» при освоении длительно неиспользуемых сельскохозяйственных земель для производства органической продукции. Методология исследований базируется на анализе имеющихся технологий, применяемых в соответствии с принципами органического земледелия, особенностей построения агротехнологических комплексов при освоении длительно не используемых сельскохозяйственных земель с формализацией целевых и технологических функций на уровне математической абстракции. При этом целевая функция формулирует задачи достижения определенного уровня

по критериям, - факторам жизни растений, регулирование которых подразумевается технологией. В свою очередь технологические функции определяют параметры, используемые в целевой функции, формируемые во взаимосвязи с используемой технологией, а также в зависимости от режима применения технологии.

Результаты и обсуждение. Органическое сельское хозяйство, равно как и освоение ранее брошенных, длительно не используемых сельскохозяйственных угодий, подразумевает особые требования к применяемым технологиям, которые и отличают этот вид хозяйственной деятельности от всех прочих. Под критическими технологиями мы здесь подразумеваем те «особенные», без которых ведение органического сельского хозяйства или освоение не используемых в настоящем земель попросту невозможно. Термин «особенные» в отношении этих технологий предполагает их уникальность по спектру предъявляемых к ним требованиям. Какие же технологии являются критическими для органического сельского хозяйства и при освоении ранее брошенных, длительно не используемых земель?

Одними из основных задач как при создании проектов органического сельского хозяйства, так при освоении ранее брошенных, длительно не используемых, в том числе залежных земель, является поддержание оптимального фитосанитарного состояния посевов, а также защита сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней. Отказ от сельскохозяйственной химии в органическом сельском хозяйстве на порядок усложняет решение этой задачи, ведь спектр эффективных агротехнических мероприятий существенно сокращается. В соответствии с международными стандартами INFOAM органическое сельское хозяйство для борьбы с сорной растительностью в посевах допускает использование механических обработок, опирается на подбор и использование адаптированных сельскохозяйственных культур, конкурентным по отношению к местному сорному фитоценозу, предполагает специальные ротации и совместные посевы сельскохозяйственных культур, а также выпас скота в послеуборочный период. Разрешены любые физические методы борьбы с сорной растительностью, однако тепловая стерилизация почвы запрещена. Ситуация осложняется тем, что брошенные, длительно не используемые земли и залежи отличаются от окультуренных неблагоприятной фитосанитарной обстановкой. В первое время на брошенных сельскохозяйственных землях активно развивается типичная бурьяновая сорно-полевая растительность, представленная, как правило, двудольными однолетними растениями [4, 7]. Резко возрастает их численность, увеличивается резервация семян сорных растений. Одновременно в динамике возрастает доля опасных многолетних сорняков, таких как вьюнок, осот, молокан татарский и др. Со временем при длительном периоде без хозяйственного использования земель состав сорно-полевой растительности в значительной мере приближается к типичным региональным природным фитоценозам, в том числе на основе многолетних злаковых, полыни и др. Такие земли более предпочтительны для освоения по фитосанитарным нормам, но также требуют особых технологий борьбы с сорной растительностью. Учеными ВИМ [18] для целей освоения длительно не используемых, залежных земель под органическое производство предложена технология на основе использования почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 в варианте для глубокого рыхления и повторного его применения уже с кольцевыми рабочими органами. Такая обработка способствовала максимальному извлечению корней многолетних растений, а также обеспечила максимальное уничтожение сорняков в дернине. Волгоградскими учеными [9, 13] предложена эффективная технология обработки почвы для природных условий Нижнего Поволжья, в основу которой положено использование нового комбинированного агрегата РОПА. Безусловно, любая из подобных технологий должна ориентироваться на местные почвенно-климатические условия и разрабатываться с учетом особенностей реги-

ональных экосистем. Также следует помнить, что задача может быть решена только на основе системного подхода, учитывающего влияние всей совокупности применяемых (либо допустимых) агротехнических приемов и технологий. Состав и режимы агротехнических мероприятий должны быть оптимизированы с учетом местной специфики и условий производственной деятельности. Исследованиями предложен единый подход, позволяющий оптимизировать технологический комплекс с точки зрения наиболее эффективного решения поставленной задачи, на основе формализованного описания технологической и целевой функций.

Основной задачей улучшения фитосанитарного состояния посева является снижение плотности распространения сорной растительности, в том числе с учетом видового состава и вредоносности сорняков. Показатель, характеризующий улучшение фитосанитарного состояния, можно представить в виде отношения:

$$\frac{D_{WE_i}^{pre-proc}}{D_{WE_i}^{a-proc}},$$

где $D_{WE_i}^{pre-proc}$ – плотность размещения в посевах i -го вида сорняков до применения технологического комплекса $\sum T_i$; $D_{WE_i}^{a-proc}$ – соответственно плотность размещения в посевах i -го вида сорняков после применения технологического комплекса $\sum T_i$.

Снижение засоренности посевов рассматривается как результат применения совокупности агротехнологий, составляющих технологический комплекс. Формализованно это можно представить в виде:

$$\frac{D_{WE_i}^{pre-proc}}{D_{WE_i}^{a-proc}} = \sum_{j=1}^{j=n} f_j(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \quad , \quad (1)$$

где f_j – функция воздействия j -той технологии на распространение сорной растительности в посевах; T_j – агротехнология, направленная на улучшение фитосанитарного состояния посевов; $\int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr$ – функция регуляции интенсивности технологии при затратах производственных ресурсов от нуля ($Pr = 0$) до порогового уровня (Pr_{thr}).

На основании уровня снижения засоренности посевов по каждому из i -го вида сорняков может быть определен обобщенный коэффициент фитосанитарного состояния посева:

$$K_{WE} = \sum_i (a_i \cdot D_{WE_i}^{a-proc}), \quad (2)$$

где K_{WE} – обобщенный коэффициент фитосанитарного состояния посева; a_i – нормирующий коэффициент (коэффициент вредоносности) по i -тому виду сорной растительности, определяется отношением:

$$a_i = \frac{1}{D_{WE_i}^{thr}},$$

где $D_{WE_i}^{thr}$ – пороговый уровень плотности i -го вида сорняков (зависит от вредоносности вида сорного растения).

Из выражения (2) следует, что чем больше значение коэффициента K_{WE} , тем хуже фитосанитарное состояние посева. Следовательно, целевая функция разрабатываемого (оптимизируемого, адаптируемого) технологического комплекса будет состоять в минимизации коэффициента K_{WE} :

$$F_{Phyto}^T = (\min_{\sum Pr_j \rightarrow 0} (K_{WE}); K_{WE} < 1), \quad (3)$$

где F_{Phyto}^T – целевая функция разрабатываемого технологического комплекса.

Таким образом, целевая функция минимизирует значение обобщенного коэффициента фитосанитарного состояния посева при наименьших затратах производственных ресурсов, определяющих, в том числе, интенсивность применяемой технологии. При этом граничным условием является значение обобщенного коэффициента фитосанитарного состояния, равное единице ($K_{WE} \geq 1$), при котором целевая функция не считается достигнутой.

Предложенный подход оптимизации технологий для подавления сорной растительности, основанный на формализации целевой и технологических функций, в равной степени может быть использован и в отношении технологий для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений, с учетом их индивидуального порога вредности. При этом важно помнить, что состав технологий $\sum_{j=1}^{j=n} T_j$ должен подбираться с учетом принципов производства органической продукции. Другим важным моментом является то, что каждая из рассматриваемых технологий оказывает комплексное влияние на различные факторы жизни растений. Агротехнические приемы, которые оказывают значимое действие на рост и распространение сорной растительности, вполне вероятно могут оказывать влияние и на развитие болезней растений, рост популяции вредителей. В связи с этим технология должна быть оценена всесторонне, количественно оценены все эффекты, распространяемые ею на агрофитоценоз. Суммарный максимум полученных эффектов в этом случае определит оптимальные режимы и параметры применения технологии, а также обобщенный эффект от ее использования.

Другой критической задачей при создании проектов органического сельского хозяйства является обеспечение развивающегося агрофитоценоза доступными формами минерального питания. Ведь именно доступные формы минерального питания в значительной мере определяют активное плодородие почвы и уровень потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур, которая при этом может быть достигнута. Но в соответствии с принципами органического сельского хозяйства на первый план ставится задача расширенного воспроизводства почвенной органики как стратегического фактора плодородия почвы. При этом часть питательных элементов, находящихся в почве в доступной для растений форме, фиксируется почвенной органикой, что в совокупности с запретом на применение минеральных удобрений делает задачу обеспечения развивающегося агрофитоценоза доступными макро- и микроэлементами особенно актуальной. В общем случае задача ставится шире: как обеспечение профицитного баланса органики и питательных веществ в почве.

Процессы образования, накопления и минерализации органического вещества в почве протекают непрерывно. В природе эти процессы стабилизируются, определяя региональный тип и уровень плодородия почвы. При активном использовании сельскохозяйственных земель факторы внешней среды, равно как и факторы, связанные с воздействием на саму почву, включая применяемые при производстве сельскохозяйственной продукции технологии, могут в той или иной степени сдвигать баланс этих противоположно направленных процессов. Активное использование механических обработок, интенсивная химизация сельскохозяйственного производства существенно увеличивают динамику минерализации органического вещества, что сопровождается снижением содержания гумуса, ухудшения водных и физических свойств почвы, снижает потенциал плодородия используемых земель. Органическое сельское хозяйство априори предполагает расширенное вос-

производство почвенной органики и гумуса. Для проведения обобщенных оценок качественных и количественных характеристик, связанных с этим процессом, может быть использован коэффициент воспроизводства органического вещества почвы:

$$K_{SOM} = \frac{SOM \uparrow}{SOM \downarrow}, \quad (4)$$

где K_{SOM} – коэффициент воспроизводства органического вещества почвы; $SOM \uparrow$ – образование органического вещества почвы; $SOM \downarrow$ – минерализация органического вещества почвы.

Для сохранения баланса органического вещества почвы достаточно чтобы коэффициент равнялся единице, а для расширенного воспроизводства был больше нее.

Наряду с обеспечением профицитного воспроизводства органического вещества в почве для поддержания актуального плодородия важно сохранять баланс доступных растениям элементов минерального питания. В этом плане большое значение имеет динамика накопления в почве доступных питательных элементов, объемы фиксации питательных элементов в процессе образования органического вещества, потребление питательных элементов растениями. В сумме баланс процессов по питательным элементам, находящимся в доступной растениям, как правило, легкогидролизуемой форме, должен равняться нулю и исключать прочие, непроизводительные и зачастую опасные с точки зрения экологии среды потери. Обобщая вышесказанное, целевая функция разрабатываемого (оптимизируемого) технологического комплекса с точки зрения обеспечения профицитного баланса органики и питательных веществ в почве, примет вид:

$$F_{SOM.ASN}^T = (\max_{\sum ASN \downarrow, NIP=0} (K_{SOM}); K_{SOM} > 1), \quad (5)$$

где $F_{SOM.ASN}^T$ – целевая функция обеспечения профицитного баланса органики и питательных веществ в почве; $ASN \uparrow$ – накопление (процесс) доступных растениям питательных веществ в почве; $ASN \downarrow$ – фиксация доступных элементов минерального питания в процессе образования органического вещества почвы; NIP – потребление питательных веществ растениями.

Таким образом, целевая функция предполагает создание условий для накопления максимума органики в почве при обязательном соблюдении нулевого баланса по образованию и расходованию доступных питательных элементов. Каждый из объединенных в целевой функции показателей тесно взаимосвязан друг с другом и зависит от совокупности используемых в производстве агротехнологий. Формализованно это можно представить системой уравнений вида:

$$\begin{cases} SOM \uparrow = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{SOM \uparrow} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \\ SOM \downarrow = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{SOM \downarrow} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \\ ASN \uparrow = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{ASN \uparrow} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr), \\ ASN \downarrow = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{ASN \downarrow} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \\ NIP = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{NIP} (T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr) \end{cases} \quad (6)$$

где $f_j^{SOM \uparrow}$, $f_j^{SOM \downarrow}$, $f_j^{ASN \uparrow}$, $f_j^{ASN \downarrow}$, f_j^{NIP} – соответственно функция воздействия j -той технологии на динамику образования органического вещества почвы ($SOM \uparrow$), на процесс минерализации органического вещества ($SOM \downarrow$), на динамику накопления доступных растениям питательных элементов в почве ($ASN \uparrow$), фиксацию части доступных питательных элементов в органическом веществе почвы ($ASN \downarrow$), а также на динамику потребления элементов минерального питания растениями (NIP); T_j – технология, предполагающая влияние на вышеперечисленные процес-

сы; $\int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr$ – функция регуляции интенсивности технологии при затратах производственных ресурсов от нуля ($Pr = 0$) до порогового уровня (Pr_{thr}).

Использование этой системы уравнений в соответствии с поставленной целевой функцией позволяет получить оптимальные решения по агротехнологическому комплексу возделывания сельскохозяйственных культур для получения органической продукции с учетом необходимости формирования профицитного баланса органики и питательных веществ в почве. При этом следует учитывать и ограничения применительно к реализуемым в производстве технологиям исходя из принципов и местного законодательства по системе производства органических продуктов.

В соответствии с принципами INFOAM, основу регулирования минерального питания сельскохозяйственных растений при производстве органической продукции составляют:

- приготовление и использование компостов из различных материалов растительного и животного происхождения. Используемые материалы в сумме должны составлять уникальный микс из богатых азотом и углеродом источников. При приготовлении компостов большое значение придается регулированию водного режима биомассы и применению технологий с использованием вермикультур;

- использование сидеральных удобрений. Сидеральные удобрения – это, прежде всего, богатый источник углерода в почве. Однако при разложении биомассы почвенной микрофлорой потребляется значительное количество азота. Чтобы в результате не снижалось актуальное плодородие почвы, важно сидеральные растения перерабатывать в фазу содержания наибольшего количества азота в вегетативных органах, а также использовать богатые азотом бобовые культуры;

- использование навоза. Навоз позиционируется как один из наиболее ценных видов удобрения в органическом сельском хозяйстве. При этом важно помнить, что навоз может включать семена сорных растений, поедаемых животными, которые ухудшат фитосанитарное состояние посевов;

- использование микробных удобрений. Технология основана на использовании бактериальных культур, обладающих такими ценными свойствами, как фиксация атмосферного азота или перевод фосфорных соединений в доступную растениям форму.

Использование синтетических минеральных удобрений в современном органическом земледелии запрещено. Как сопутствующая перечисленным выше технология допускает использование измельченных естественных горных пород, таких как фосфоритная мука, известь, каменная мука и растительная зола.

Еще одним проблемным фактором при создании проектов органического производства является создание благоприятных для сельскохозяйственных растений условий водного питания. Преобладающая часть сельскохозяйственных земель России располагается в зонах различной степени засушливости. Коренным способом увеличения продуктивности и стабильного получения высоких урожаев в условиях засухи является орошение. Однако оросительные мелиорации, как правило, предполагают интенсификацию сельскохозяйственного производства. Применяются повышенные дозы минеральных (в том числе синтетических) удобрений, обеспечивающие синергетический рост урожайности и приемлемую рентабельность производства, требуется расширенный спектр мер по защите растений, включающий применение высокотоксичных химических соединений, что приведет к изменению динамики образования и минерализации почвенной органики. Хотя прямого запрета на орошение в органическом сельском хозяйстве нет, совокупность указанных выше факторов делает практическое применение гидротехнических мелиораций весьма и весьма проблематичным. Как же обеспечить создание благоприятных условий водного пи-

тания растений при производстве органической продукции?

Органическое сельское хозяйство в решении проблемы оптимального водного питания растений как никакая другая система земледелия опирается на системный подход. Ставка делается не на один, а на целую совокупность агротехнических факторов, обеспечивающих сбор, сохранение и рациональное использование водных ресурсов. Мелиоративные технологии как технический регулятор водного режима земель в этой системе являются одним из равных компонентов, использование которого ограничивается требованиями к производству в условиях органического сельского хозяйства и особенностями введения в оборот длительно неиспользуемых, в том числе бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения.

Условия оптимального водного питания растений в первую очередь определяются доступностью почвенной влаги растениям; причем параметр этот следует рассматривать в динамике как непрерывно изменяющуюся величину. Доступность почвенной влаги зависит от уровня ее содержания в почве, свойств самой почвы и биологических особенностей растений. Свойства почвы в значительной мере определяют степень связанности почвенной влаги и ту силу, которая необходима для отбора влаги корнями растений. Но эти водные характеристики почвы имеют существенно меньшую динамику в сравнении с динамикой уровня содержания почвенной влаги; их, безусловно, необходимо учитывать, но в долгосрочных моделях мелиоративного режима земель. Уровень почвенного влагосодержания наиболее динамично изменяется в течение всего вегетационного периода растений, чем, преимущественно, и определяются условия водного питания для каждого конкретного вида растений. Растения имеют собственную регуляторную (адаптационную) функцию относительно потребления почвенной влаги. Эта функция позволяет им приспосабливаться и без ущерба физиологической активности отбирать почвенную влагу при определенном диапазоне влагосодержания. Этот диапазон и характеризует условия оптимального водного питания сельскохозяйственных растений. Формально условие оптимального водного режима почвы можно записать в виде:

$$\beta_{min} < \beta_{opt} < \beta_{max} \text{ или } \beta_{opt} \in [\beta_{min}; \beta_{max}],$$

где β_{opt} – оптимальный уровень содержания почвенной влаги; β_{min} – минимальный уровень оптимального диапазона содержания почвенной влаги; β_{max} – максимальный уровень оптимального диапазона содержания почвенной влаги.

Тогда отклонение фактических условий водообеспечения от оптимальных определится разностью:

$$\Delta\beta = \beta_a - [\beta_{min}; \beta_{max}],$$

где β_a – актуальный (фактический) уровень содержания почвенной влаги.

Причем, если фактический уровень почвенного влагосодержания меньше оптимального диапазона, то $\Delta\beta$ определится как разность:

$$\Delta\beta = \beta_a - \beta_{min},$$

а если больше оптимального диапазона, то:

$$\Delta\beta = \beta_a - \beta_{max}.$$

Если фактический уровень влагосодержания β_a находится внутри диапазона $[\beta_{min}; \beta_{max}]$, то условия водного питания растений признаются оптимальными, а отклонение $\Delta\beta$ принимается равным нулю.

Мера оптимальности водного режима может быть представлена среднеквадратичным отклонением влажности почвы от видоспецифически оптимального диапазона

влагосодержания:

$$K_{\beta} = \sqrt{\frac{\Delta\beta^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где K_{β} – величина среднеквадратичного отклонения влажности почвы от оптимального для возделываемой культуры уровня.

Тогда целевую функцию комплекса агротехнологий, направленных на создание оптимальных условий водного питания сельскохозяйственных растений, можно записать как:

$$F_{\beta}^T = \min_{\sum Pr_j \rightarrow 0} K_{\beta}, \quad (8)$$

где F_{β}^T – целевая функция разрабатываемого технологического комплекса относительно создания оптимальных условий водного питания растений.

Фактический уровень влагосодержания почвы определяется поступлением метеорологически обеспеченной влаги, ресурсов влаги регулятора гидромелиоративных технологий, различного рода водообменными процессами в над- и подпочвенном пространстве, а также расходом влаги на физическое испарение с поверхности почвы и транспирацию растений:

$$\beta_a = f((\Delta W_R - ET_{crop} + \Delta W_{MS} \pm \Delta W_{SG}); \sum S_j^F),$$

или

$$\beta_a = f((\Delta W_R - ET_{crop} + \Delta W_N); \sum S_i^F), \quad (9)$$

где ΔW_R – ресурсы влаги, обеспечиваемые регулятором гидромелиоративных технологий; ET_{crop} – суммарное водопотребление; ΔW_{MS} – метеорологически обеспеченная влага; ΔW_{SG} – суммарный вектор почвенно-гидрологических водообменных процессов; ΔW_N – суммарный вектор процессов водообмена, образуемый совокупностью факторов географически локализованного природного (не регулируемого) характера; S_i^F – почвенный фактор i -того порядка, характеризующий водные и физические свойства почвы.

Как видно из приведенного выражения, гидромелиоративные технологии в общем и орошение в частности являются лишь одним из звеньев в системе факторов, определяющих актуальную (фактическую) влажность почвы. Другими точками приложения агротехнологий является регулирование компоненты ET_{crop} , а также оптимизация совокупности факторов $\sum S_j^F$. Регулирование этих компонентов, определяющих в совокупности актуальный уровень влагосодержания почвы, посредством применяемых агротехнологий, формализованно можно представить в виде следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \Delta W_R = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{WR} \left(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr \right) \\ ET_{crop} = \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{ET_{crop}} \left(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr \right) \\ S_i^F = \sum_{i,j=1}^{i=m, j=n} f_{i,j}^{S_i^F} \left(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr \right) \end{cases} \quad (10)$$

где f_j^{WR} – функции j -той технологии как техногенного источника дополнительного ресурса влаги; $f_j^{ET_{crop}}$ – функции воздействия j -той технологии как регулятора потерь влаги на испарение и транспирацию; $f_{i,j}^{S_i^F}$ – функции воздействия j -той технологии на i -тый почвенный фактор S_i^F ; T_j – технология, предполагающая влияние на вышеперечисленные процессы; $\int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr$ – функ-

ция регуляции интенсивности технологии при затратах производственных ресурсов от нуля ($Pr = 0$) до порогового уровня (Pr_{thr}).

Использование системы уравнений с учетом выражения (9) и в соответствии с поставленной целевой функцией (8) позволяет получить оптимальные решения по агротехнологическому комплексу возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих благоприятные условия водного питания растений при соблюдении ограничений, накладываемых спецификой производства органической продукции и вводом в оборот длительно не используемых сельскохозяйственных земель.

Подтвердившие уже сегодня свою эффективность технологии для регулирования водного обмена на сельскохозяйственном поле при производстве органической продукции включают систему мероприятий, в совокупности позволяющих максимально использовать влагу естественных осадков, минимизировать затраты воды на физическое испарение, и с особой осторожностью использовать некоторые способы орошения. Повышение эффективности сбора влаги атмосферных осадков предполагает проведение различных мероприятий, направленных на улучшение водно-физических свойств почвы; в этом плане используются региональные системы обработки почвы, большое значение имеет насыщение почв органикой, которая увеличивает ее вододерживающие способности, важно предотвращать возможность переуплотнения поверхности почвы в течение вегетационного периода сельскохозяйственных растений. Большое значение имеет степень выравненности поверхности почвы, для повышения которой могут применяться капитальные планировки; при наличии микрорельефа или уклонов эффективным является профилирование поверхности почвы в совокупности с поделкой внутрипочвенных щелей. В этом плане могут использоваться борозды или гребневое профилирование поверхности почвы, поделка гряд, лунок, полулунок (на склоновых поверхностях).

Снижение физического испарения влаги с поверхности почвы обеспечивается мульчированием. Мульча также предотвращает образование корок на поверхности почвы, что существенно повышает ее впитывающую способность. Другим способом сокращения эвапотранспирации с сельскохозяйственного поля является снижение ветровой активности, в частности, за счет формирования кулис, искусственных ограждений, лесных полос и т.д. Известны технологии изменения альбеда растительного покрова, что положительно влияет на гидротермический режим и снижает эвапотранспирацию сельскохозяйственного поля. Технология предусматривает использование известкования, что допускается регламентом производства органической продукции.

К сожалению, не всегда указанная система мероприятий способна компенсировать дефицит водного питания сельскохозяйственных растений. Коренным решением проблемы является использование орошения. Среди различных способов орошения в органическом сельском хозяйстве предпочтение отдается капельному. Вода при таком способе полива подается непосредственно в прикорневую зону сельскохозяйственных растений, не имеет кинетической энергии и не уплотняет поверхность почвы. Междурядья остаются сухими, что предотвращает всходы и рост сорных растений. Вода, используемая для капельного орошения, проходит несколько этапов очистки, заведомо исключая возможность попадания семян сорняков при поливе, как это свойственно другим способам орошения. Вегетативная часть сельскохозяйственных растений не увлажняется, что сокращает риски распространения болезней растений. Благодаря этим качествам капельное орошение обеспечивает возможность производства сельскохозяйственной продукции без химии, что принципиально важно для органического сельского хозяйства. Сегодня организация орошения

на длительно не используемых, в том числе бывших мелиорированных землях в значительной мере проблематична из-за частичного выхода из строя или аварийного состояния оросительной сети. Особенно остро эта проблема обозначена в отношении внутрихозяйственной ее части, работоспособность которой не поддерживалась и не обеспечивалась государственными ресурсами. В этом плане особое значение приобретают вопросы восстановления элементов оросительной сети, ее реконструкции с использованием новейших научных и технических достижений.

Выводы. Освоение ранее брошенных, в том числе бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения, для производства продукции органического земледелия является одним из перспективных вариантов решения проблемы неиспользуемых земель в России. Органическое сельское хозяйство, равно как и особенности освоения земель с длительно не контролируемыми сукцессиями, предъявляют особые требования к применяемым агротехнологиям. Особенно это касается технологий, связанных с обеспечением фитосанитарной чистоты посевов, регулированием режима минерального питания и расширенного воспроизводства органического вещества почвы, а также с решением проблемы оптимального водообеспечения посевов. Эти направления уникальны по спектру предъявляемых к технологиям требований, а сами технологии по праву могут считаться «критическими» при освоении длительно не используемых сельскохозяйственных земель для производства органической продукции. Исследованиями формализованы условия для оптимизации пакета критических технологий освоения ранее брошенных земель при организации производства органической продукции. Сформулированы целевые и технологические функции, позволяющие системно оценивать комплексное влияние технологий на различные факторы жизни растений и зависимость целевых критериев от совокупного действия ряда технологий из состава проектируемого технологического комплекса. Совместное решение системы технологических функций с учетом предложенной постановки целевой функции позволяет проектировать оптимальные технологические комплексы при наиболее полном учете требований к органическому сельскому хозяйству и особенностей освоения длительно не используемых сельскохозяйственных земель.

Библиографический список

1. Воронкова О.Ю., Петрова Л. И. Ресурсная оценка производства органической продукции на залежных землях // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 4. С. 37-43.
2. Зуева Е. В., Белопухов С. Л. Сравнительный анализ биологизированной и интенсивной технологий сельского хозяйства на примере укропа огородного // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (9). С. 16-20. DOI: 10.17022/jzyj-p411
3. Карпова О. И., Савкин В. И. Неиспользуемые земли сельскохозяйственного назначения: влияние на производственный и экспортный потенциал АПК России // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 96-103. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.6.96
4. Козлов А. В., Новиков Д. А., Машакин А. М. Современное состояние отечественных залежных земель и перспективы их восстановления // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 1. С. 48.
5. Колмыков А. В., Авдеев А. Н. Современные аспекты ведения органического сельского хозяйства // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 182-187.
6. Кундиус В. А., Воронкова О. Ю. Научные основы развития органического сельского хозяйства, кластерный подход // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 11-1 (38). С. 97-100. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11706
7. Новикова Н. М., Конюшкова М. В., Уланова С. С. Восстановление растительности на мелиорированных солонцовых почвах Приергенинской равнины // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 3 (76). С. 67-80. DOI: 10.24411/1993-3916-2018-10027
8. Перспективы производства органической продукции в России / С. Н. Нековаль, А. В.

Беляева, О. А. Маскаленко, А. К. Чурикова, А. Е. Лукина, В. Е. Горло // *Агрохимический вестник*. 2019. № 5. С. 77-82. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10080

9. Плещачев Ю. Н., Борисенко И. Б., Цепляев А. Н. Технология основной обработки почвы и оборудование для ее выполнения // *Научная жизнь*. 2016. № 2. С. 65-74.

10. Пшихачев С. М. Концептуальные направления трансформации парадигмы устойчивого развития сельского хозяйства // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2014. Т. 10. № 44 (281). С. 52-62.

11. Свечникова Т. М. Анализ мирового рынка производства органической продукции // *Московский экономический журнал*. 2019. № 8. С. 84. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-18082

12. Сквозная научно-производственная кооперация и орошаемое земледелие как факторы развития производства органической продукции / А. А. Новиков, Т. Н. Ашурбекова, К. Ю. Козенко, Д. С. Оглы Давудов, Р. М. Магомедов // *Проблемы развития АПК региона*. 2019. № 3 (39). С. 117-122. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2019.3.117

13. Совершенствование элементов агротехники ярового ячменя на светло-каштановых почвах при их естественном увлажнении / В. В. Бородычев, А. Е. Новиков, А. В. Шуравилин, С. В. Микитин // *Плодородие*. 2018. № 5 (104). С. 8-12.

14. Современные интенсивные технологии производства зерна и классы опасности применяемых пестицидов и средств химизации / А. В. Деревянкин, А. Ф. Захаров, Е. Л. Мальгин, Е. Г. Шеметова // *Безопасность жизнедеятельности*. 2020. № 7 (235). С. 19-24.

15. Современные оценки неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения на Нижней Волге / В. А. Шевченко, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, Ю. И. Сухарев // *Природообустройство*. 2020. № 2. С. 6-13. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-2-6-14

16. Турчанова В. Т., Некрасов С. Н. Философия "ОРГАНИК": предпосылки, история, современная концепция // *Сельскохозяйственные технологии*. 2019. Т.1. № 4. С. 35-44. DOI: 10.35599/agritech/01.04.06

17. Чекалин С. Г., Зимхан Б. А. Способы восстановления плодородия почвы на нарушенных землях // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (76). С. 11-16.

18. Шамонин В. И. Оценка показателей качества и энергоэффективности в технологиях первичного восстановления залежных земель для условий органического земледелия // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (55). С. 192-198. DOI 10.24411/2078-1318-2019-12192

19. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке состояния выбывших из оборота мелиорированных и малопродуктивных земель сельскохозяйственного назначения // *Научная жизнь*. 2019. Т. 14. № 12 (100). С. 1808-1818.

20. Agronomic and physiological aspects of nitrogen use efficiency in conventional and organic cereal-based production systems / H. Kubota, M. Iqbal, D. Spaner, S. Quideau, M. Dyck // *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2018. V. 33. N 5. P. 443-466.

21. Durán-Lara E. F., Marican A., Valderrama A. Natural organic compounds for application in organic farming // *Agriculture*. 2020. V. 10. № 2. P. 41. DOI: 10.3390/agriculture10020041

22. Maas L., Malvestiti R., Gontijo L. A. Work in organic farming: an overview // *Ciencia Rural*. 2020. V. 50. N 4. e20190458. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190458

23. Malek Ž., Verburg P. H., Tieskens K. F. Explaining the global spatial distribution of organic crop producers // *Agricultural Systems*. 2019. V.176. P. 102680. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.102680

24. Potential for no-tillage and clipped-weed mulching to improve soil quality and yield in organic eggplant production / R. Hashimi, M. Komatsuzaki, T. Mineta, S. Kaneda, N. Kaneko // *Biological Agriculture and Horticulture*. 2019. V. 35. N 3. P. 158-171. DOI: 10.1080/01448765.2019.1577757

Conclusions. The development of previously abandoned, including the former reclaimed agricultural land for the production of organic farming products is one of the promising options for solving the problem of unused lands in Russia. Organic agriculture, as well as the features of land development with long-term uncontrolled successions, impose special requirements on the

agricultural technologies used. This is especially true of technologies related to ensuring the phytosanitary purity of crops, regulating the regime of mineral nutrition and expanded reproduction of soil organic matter, as well as solving the problem of optimal water supply for crops. These areas are unique in terms of the range of requirements for technologies, and the technologies themselves can rightfully be considered “critical” in the development of long-term unused agricultural lands for the production of organic products. The research formalized the conditions for optimizing the package of critical technologies for the development of previously abandoned lands when organizing the production of organic products. Target and technological functions have been formulated, which make it possible to systematically assess the complex effect of technologies on various factors of plant life and the dependence of target criteria on the combined action of a number of technologies from the composition of the designed technological complex. The joint solution of the system of technological functions, taking into account the proposed statement of the target function, allows you to design optimal technological complexes with the most complete consideration of the requirements for organic agriculture and the peculiarities of the development of long-term unused agricultural lands.

Reference

1. Voronkova O. Yu., Petrova L. I. Resursnaya ocenka proizvodstva organicheskoy produkcii na zaleznyh zemlyah // Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. 2017. № 4. P. 37-43.
2. Zueva E. V., Belopuhov S. L. Sravnitel'nyj analiz biologizirovannoj i intensivnoj tehnologij sel'skogo hozyajstva na primere ukropa ogorodnogo // Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'sko-hozyajstvennoj akademii. 2019. № 2 (9). P. 16-20. DOI: 10.17022/jzyj-p411
3. Karpova O. I., Savkin V. I. Neispol'zuemye zemli sel'skohozyajstvennogo naznacheniya: vliyanie na proizvodstvennyj i jeksportnyj potencial APK Rossii // Vestnik agrarnoj nauki. 2019. № 6 (81). P. 96-103. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.6.96
4. Kozlov A. V., Novikov D. A., Mashakin A. M. Sovremennoe sostoyanie otechestvennyh zaleznyh zemel' i perspektivy ih vosstanovleniya // Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. 2015. № 1. P. 48.
5. Kolmykov A. V., Avdeev A. N. Sovremennye aspekty vedeniya organicheskogo sel'skogo hozyajstva // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2020. № 2. P. 182-187.
6. Kundius V. A., Voronkova O. Yu. Nauchnye osnovy razvitiya organicheskogo sel'skogo hozyajstva, klasternyj podhod // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2019. № 11-1 (38). P. 97-100. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11706
7. Novikova N. M., Konyushkova M. V., Ulanova S. S. Vosstanovlenie rastitel'nosti na meliorirovannyh soloncovykh pochvah Priergeninskoj ravniny // Aridnye jkosistemy. 2018. Vol. 24. № 3 (76). P. 67-80. DOI: 10.24411/1993-3916-2018-10027
8. Perspektivy proizvodstva organicheskoy produkcii v Rossii / S. N. Nekoval', A. V. Belyaeva, O. A. Maskalenko, A. K. Churikova, A. E. Lukina, V. E. Gorlo // Agrohimicheskij vestnik. 2019. № 5. P. 77-82. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10080
9. Pleskachev Yu. N., Borisenko I. B., Ceplyaev A. N. Tehnologiya osnovnoj obrabotki pochvy i oborudovanie dlya ee vypolneniya // Nauchnaya zhizn'. 2016. № 2. P. 65-74.
10. Pshihachev S. M. Konceptual'nye napravleniya transformacii paradigmy ustojchivogo razvitiya sel'skogo hozyajstva // Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'. 2014. Vol. 10. № 44 (281). P. 52-62.
11. Svechnikova T. M. Analiz mirovogo rynka proizvodstva organicheskoy produkcii // Moskovskij jkonomicheskij zhurnal. 2019. № 8. P. 84. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-18082
12. Skvoznaya nauchno-proizvodstvennaya kooperaciya i oroshaemoe zemledelie kak faktory razvitiya proizvodstva organicheskoy produkcii / A. A. Novikov, T. N. Ashurbekova, K. Yu. Kozenko, D. S. Ogly Davudov, R. M. Magomedov // Problemy razvitiya APK regiona. 2019. № 3 (39). P. 117-122. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2019.3.117
13. Sovershenstvovanie jlementov agrotehniki yarovogo yachmenya na svetlo-kashtanovyh

pochvah pri ih estestvennom uvlazhnenii / V. V. Borodychev, A. E. Novikov, A. V. Shuravilin, S. V. Mikitin // Plodorodie. 2018. № 5 (104). P. 8-12.

14. Sovremennye intensivnye tehnologii proizvodstva zerna i klassy opasnosti primenyaemyh pesticidov i sredstv himizatsii / A. V. Derevyankin, A. F. Zaharov, E. L. Mal'gin, E. G. Shemetova // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2020. № 7 (235). P. 19-24.

15. Sovremennye ocenki neispol'zuemykh zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya na Nizhnej Volge / V. A. Shevchenko, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, Yu. I. Suharev // Prirodoobustroystvo. 2020. № 2. P. 6-13. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-2-6-14

16. Turchanova V. T., Nekrasov S. N. Filosofiya "ORGANIK": predposylki, istoriya, sovremennaya koncepciya // Sel'skohozyajstvennye tehnologii. 2019. T.1. № 4. P. 35-44. DOI: 10.35599/agritech/01.04.06

17. Chekalin S. G., Zimhan B. A. Sposoby vosstanovleniya plodorodiya pochvy na narushennykh zemlyakh // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 2 (76). P. 11-16.

18. Shamonin V. I. Ocenka pokazatelej kachestva i [nergo]ffektivnosti v tehnologiyakh pervichnogo vosstanovleniya zaleznykh zemel' dlya uslovij organicheskogo zemledeliya // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 2 (55). P. 192-198. DOI 10.24411/2078-1318-2019-12192

19. Shevchenko V. A., Borodychev V. V., Lytov M. N. Konceptual'nye podhody k ocenke sostoyaniya vybyvshih iz oborota meliorirovannykh i maloproduktivnykh zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // Nauchnaya zhizn'. 2019. T. 14. № 12 (100). P. 1808-1818.

20. Agronomic and physiological aspects of nitrogen use efficiency in conventional and organic cereal-based production systems / H. Kubota, M. Iqbal, D. Spaner, S. Quideau, M. Dyck // Renewable Agriculture and Food Systems. 2018. V. 33. N 5. P. 443-466.

21. Durán-Lara E. F., Marican A., Valderrama A. Natural organic compounds for application in organic farming // Agriculture. 2020. V. 10. № 2. P. 41. DOI: 10.3390/agriculture10020041

22. Maas L., Malvestiti R., Gontijo L. A. Work in organic farming: an overview // Ciencia Rural. 2020. V. 50. N 4. e20190458. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190458

23. Malek Ž., Verburg P. H., Tieskens K. F. Explaining the global spatial distribution of organic crop producers // Agricultural Systems. 2019. V.176. P. 102680. DOI: 10.1016/j.agry.2019.102680

24. Potential for no-tillage and clipped-weed mulching to improve soil quality and yield in organic eggplant production / R. Hashimi, M. Komatsuzaki, T. Mineta, S. Kaneda, N. Kaneko // Biological Agriculture and Horticulture. 2019. V. 35. N 3. P. 158-171. DOI: 10.1080/01448765.2019.1577757

Информация об авторах:

Shevchenko Viktor Alexandrovich, Director of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A. N. Kostyakov (127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya street, 44, building 2), doctor of agricultural Sciences, Professor. E-mail: mail@vniigim.ru

Borodychev Viktor Vladimirovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Lytov Michail Nikolaevich, Leading Researcher, Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825> LytovMN@yandex.ru

Информация об авторах:

Шевченко Виктор Александрович, директор Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (127550, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корпус 2), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. E-mail: mail@vniigim.ru

Бородычев Виктор Владимирович, академик РАН, директор Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 3 (59), 2020

исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. **E-mail:** vkovniigim@yandex.ru

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825> LytovMN@yandex.ru