



КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ ЖИДКИХ ФОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

✉ Назаров Н.Н., Некрасова И.В.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Представлены материалы по формированию концептуальной модели процесса внесения в почву жидких форм минеральных удобрений. Базой данной модели является схема взаимодействия процессов в агроэкосистеме пшеницы на уровне концептуальной модели ресурсного цикла. В нее введены дополнительным блоком минеральное питание вегетирующих растений и соответствующее упорядочение внутренних связей системы. Установлено, что с учетом специфики научных исследований и технических возможностей для дальнейшего рассмотрения целесообразно использование модели «черный ящик». В основе данной модели лежит практическая деятельность человека, направленная на преобразование используемых объектов с помощью материальных, энергетических или информационных воздействий. Определены основные взаимодействующие блоки системы управления продукционным процессом посевов, связанные с обеспечением вегетирующих растений основными факторами их развития на уровнях надземной и корнеобитаемой частей агроэкосистемы, пространственным распределением жидких минеральных удобрений в зоне их внесения в соответствии с агротехническими требованиями, в том числе одновременно с посевом зерновых. Представлен блок азотно-фосфорного питания для вегетирующих растений, реализуемый посредством применения технологического и технического обеспечения для основных способов внесения жидких минеральных удобрений с использованием комплекса прицепных, навесных и монтируемых технологических машин на основе существующих почвообрабатывающих и посевных рабочих органов. Рекомендован принцип формирования машинно-тракторных агрегатов на его начальном этапе по минимуму энергетических затрат на их производство и эксплуатацию. Установлена перспектива использования пневматических систем для доставки и распределения жидких минеральных удобрений в зоне их внесения.

Ключевые слова: жидкие минеральные удобрения, неравномерность, дефлекторные распределители, шаг расстановки, крупнокапельный распыл, факел распыла, ширина захвата

CONCEPTUAL MODEL OF THE PROCESS OF APPLYING LIQUID FORMS OF MINERAL FERTILIZERS TO THE SOIL

✉ Nazarov N.N., Nekrasova I.V.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Materials on the formation of a conceptual model of the process of applying liquid forms of mineral fertilizers into the soil are presented. The basis of this model is the scheme of interaction of the processes in the agroecosystem of wheat at the level of the conceptual model of the resource cycle. Mineral nutrition of vegetative plants and corresponding ordering of internal relations of the system are introduced into it as an additional block. It has been found that given the specifics of scientific research and technical capabilities, it is appropriate to use the “black box” model for further consid-

eration. This model is based on practical human activity aimed at transforming used objects by means of material, energy or informational influences. The main interacting blocks of the system of crop production process management related to the provision of vegetative plants with the main factors of their development at the levels of above-ground and root-inhabited parts of agroecosystem, spatial distribution of liquid mineral fertilizers in the zone of their application in accordance with agrotechnical requirements, including simultaneously with grain sowing, have been determined. The block of nitrogen-phosphorus nutrition for vegetative plants is presented, which is realized through the application of technological and technical support for the main methods of liquid mineral fertilizers application using a set of trailed, mounted and mounted technological machines on the basis of existing tillage and sowing working bodies. The principle of formation of machine-tractor aggregates at its initial stage on the minimum of energy costs for their production and operation is recommended. The prospect of using pneumatic systems for delivery and distribution of liquid mineral fertilizers in the zone of their application has been established.

Keywords: liquid mineral fertilizers, distribution, unevenness, deflector distributors, spacing, large - drop spray, spray cone, working width

Для цитирования: Назаров Н.Н., Некрасова И.В. Концептуальная модель процесса внесения в почву жидких форм минеральных удобрений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 7. С. 88–98. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-7-11>

For citation: Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Conceptual model of the process of applying liquid forms of mineral fertilizers to the soil. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 7, pp. 88–98. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-7-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из резервов формирования устойчивых высоких урожаев зерновых культур является совершенствование технологии их возделывания на основе адаптивной интенсификации производственного процесса посева. Важнейшая роль в этой задаче принадлежит внесению в почву жидких форм азотно-фосфорных удобрений в виде жидких комплексных удобрений и растворов карбамидно-аммиачной смеси. Несмотря на достаточную проработанность данного направления, остается ряд неразрешенных проблем, связанных с дозированием малых объемов жидких форм препаратов, их транспортировкой к месту внесения, забиванием отверстий (наконечников) земель, быстрым износом подающих рабочую жидкость магистралей. Отсутствие по ряду позиций техники и оборудования конкурентоспособного отечественного предложения не позволяет эффективно реализовать преимущества технологии точного земледелия и вынуждает сельхозто-

варопроизводителей приобретать импортные системы и сельскохозяйственную технику. Однако даже в этом случае в основном они выбирают доступные по цене комплектации с минимальными функциями ресурсосбережения и автоматизации технологического процесса. Учитывая изложенное, на данном этапе функционирования систем внесения в почву минеральных удобрений целесообразна разработка концептуальной модели технической системы технологического и технического обеспечения с использованием жидких форм минерального питания в технологиях возделывания зерновых культур.

Цель исследования – сформировать информационно-методическое обеспечение для обоснования перспективных технологических процессов возделывания зерновых культур с использованием жидких форм азотно-фосфорного питания в технологиях возделывания зерновых.

Задача исследования – разработать концептуальную модель процесса внесения в почву жидких форм минеральных удобрений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Разработка концептуальной модели системы технологического и технического обеспечения с использованием жидких форм азотно-фосфорного питания в лесостепной зоне Западной Сибири при совершенствовании технологий возделывания зерновых культур рассмотрена в тесной связи со стратегией развития отрасли земледелия сельхозпредприятия (см. рис. 1). Наиболее обстоятельно эти вопросы проработаны в публикациях по программно-целевому подходу решения сложных проблем [1, 2].

К настоящему времени сложилось устойчивое восприятие трех основных видов концептуальных моделей технических систем: модели «черного ящика», модели «машины» и «органоструктурной» модели. Выбор концептуальной модели технической системы определяется спецификой направления исследований и техническими возможностями ее реализации.

При реализации модели «черный ящик» ее построение заключается в рассмотрении свойств технической системы, проявляемой в ее поведении при взаимодействии с объектами внешнего окружения [3, 4]. В концептуальной модели «машины» предполагается, что множество свойств «машин» (и их моделей) включает в себя множество свойств технических систем [5–11]. Модель органоструктуры наиболее полно раскрыта в теории решения изобретательных задач [11, 12]. Она предполагает, что выполнение потребительских функций (функционирование) должно обеспечиваться четырьмя определенным образом взаимодействующими между собой функциональными частями («двигатель», «трансмиссия», «рабочий орган» и «орган управления»).

При рассмотрении обозначенных моделей сделан вывод, что с учетом специфики научных исследований и технических возможностей для дальнейшего рассмотрения целе-



Рис. 1. Структура концептуальной модели совершенствования технологий возделывания зерновых культур и ее место в стратегии развития отрасли земледелия сельхозпредприятия

Fig. 1. The structure of the conceptual model of improvement of grain cropping technologies and its place in the strategy of development of the farming sector of an agricultural enterprise

сообразно использованию модели «черный ящик». В основе данной модели лежит практическая деятельность человека, направленная на преобразование используемых объектов с помощью материальных, энергетических или информационных воздействий. Причем эти воздействия при любом преобразовании осуществляются людьми и/или техническими системами.

Таким образом, речь идет о разработке концептуальной модели предметной области. В этом случае целесообразно говорить о модели ресурсного цикла в рамках ведения сельского хозяйства, обеспечения вегетирующих растений требуемыми элементами питания с использованием законов минимума и максимума Ю. Либиха и Э.А. Митчерлиха¹⁻³.

В нашем понимании ресурсный цикл – это совокупность пространственных перемещений конкретного вещества на всех этапах использования его в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, включая подготовку к применению, пространственное распределение вещества в почвенном горизонте (в полосе укладки семенного материала) по ширине засеваемой полосы и глубине размещения семян, создание благоприятных условий для максимальной реализации потенциала вещества (минеральных удобрений), использование незерновой части урожая в качестве органической составляющей почвенного плодородия.

Практически на всех этапах функционирования технической системы (в данном случае машинной технологии возделывания зерновых культур) происходит потеря как ресурсного потенциала, так и урожая возделываемой культуры: потери урожая от вредителей, болезней, развития и распространения ассимилянтов, нарушения водного и пищевого режима, потерь при транспортировке элементов питания, семян, невозможности выноса питательных веществ из почвы и др.

Зная подобного рода «болевы» точки технологий, можно прогнозировать соответствующий комплекс мероприятий для устранения отмеченных негативных явлений и последствий, связанных с ними.

В связи с этим одной из главных функций концептуальной модели технической системы предметной деятельности является выявление и детализация причинно-следственных закономерностей, характеризующих эти процессы, с целью получения, систематизации и структуризации знаний о предметной области и управления их состоянием за счет использования комплекса технического обеспечения. При этом цель построения этой модели заключается в рассмотрении свойств технической системы, проявляемых в ее поведении при взаимодействии с объектами внешнего окружения⁴, т.е. позволяет оценить положение системы во внешней среде, выявить необходимый ресурсный потенциал для ее функционирования, влияние факторов внешней среды и то, что мы ожидаем на выходе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С учетом изложенного выше для построения концептуальной модели процесса внесения в почву жидких форм минеральных удобрений за основу принята схема взаимодействия процессов в агроэкосистеме пшеницы Г.Ю. Ризниченко (концептуальная модель ресурсного цикла) [13]. В предложенную схему дополнительно введен блок минерального питания вегетирующих растений и в связи с этим упорядочены внутренние связи системы (см. рис. 2).

Концептуальная модель процесса внесения в почву жидких форм минеральных удобрений представлена в виде четырех взаимосвязанных между собой блоков. Блоки «А» и «В» являются центральными и тесно связанными с вегетирующими растениями.

¹Mitscherlich E.A. Das Gesetz des Minimums und Gesetz des abnehmenden Bodenertrags // Landw. Jahrb. 1909. Vol. 38. P. 595.

²Митчерлих Э.А. Определение потребности почвы в удобрении: монография. М.; Л.: Гос. изд-во с.-х. и колх.-кооп. лит-ры, 1931. 104 с.

³Libig J. Chemistry in its application to agriculture and physiology. London: Taylor and Walton, 1840.

⁴Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии: монография. М.: ИКИ, 2003. 184 с.

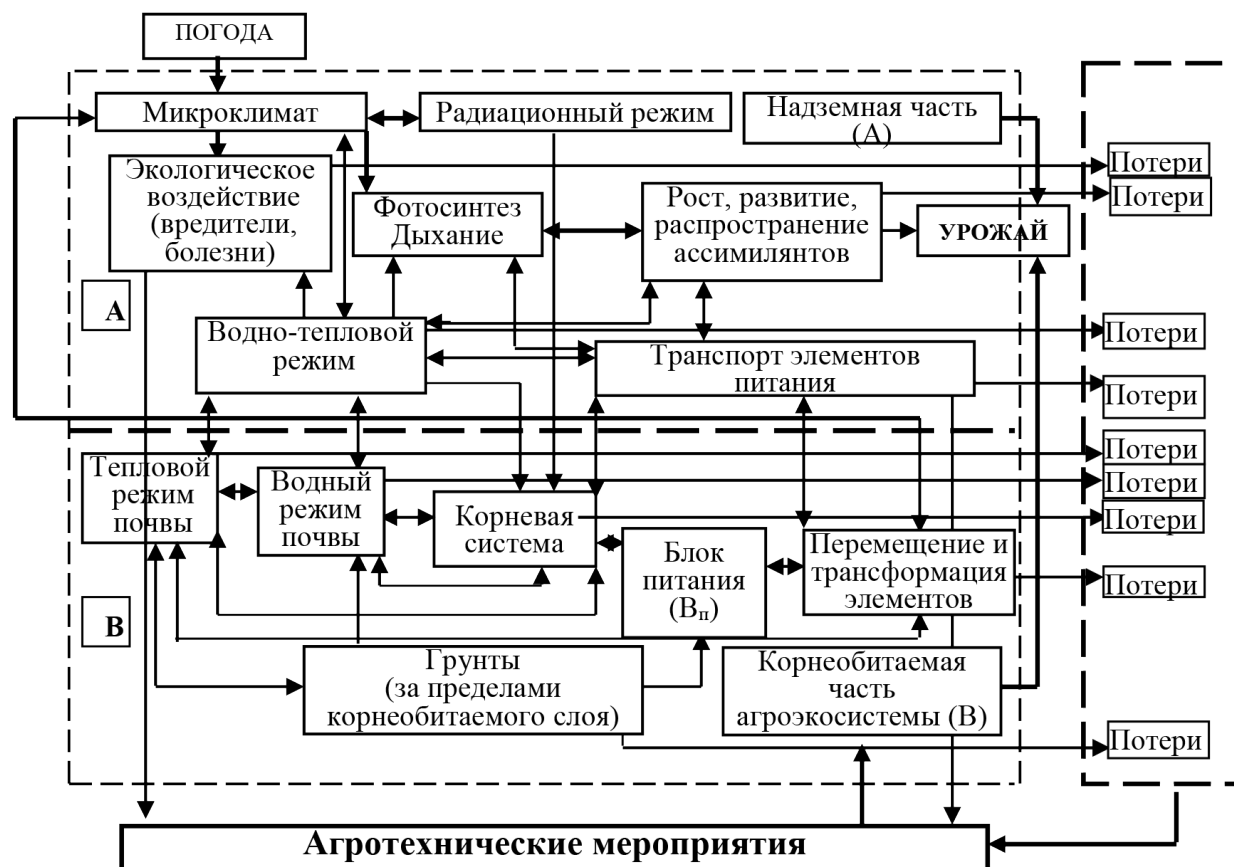


Рис. 2. Концептуальная модель ресурсного цикла

Fig. 2. Conceptual model of the resource cycle

Именно эти два блока обеспечивают растения водой, теплом, наличием в почве кислорода и почвенного воздуха. При этом блок «А» не только определяет микроклимат, радиационный режим, фотосинтез и дыхание растений, водно-тепловой режим и транспорт элементов питания, рост, развитие, распространение ассимилянтов, но и оказывает экологическое воздействие на растения (вредители, болезни, сорняки).

Блок «В» – корнеобитаемая часть агроэкосистемы – определяется тепловым и водным режимом почвы, через блок перемещения и трансформации элементов питания, взятых из блока питания, обеспечивает для корневой системы растений благоприятные условия для вегетации.

Наполнение блока питания корнеобитаемой части агроэкосистемы в числе многих составляющих представляется внесением в почву минеральных удобрений, реализуемых посредством соответствующего техническо-

го обеспечения. Учитывая направленность научных исследований, мы рассматриваем только техническое обеспечение внесения в почву жидких минеральных удобрений.

Как показывает практика, в последние годы усилился интерес земледельцев, в том числе в Новосибирской области, к жидким удобрениям. Основные из них – аммиак безводный сжиженный (82,0% N), аммиак водный (20,5% N) и карбамидно-аммиачная смесь (КАС), которая в зависимости от марки содержит 28–32% N. Находят применение также жидкие комплексные удобрения (ЖКУ), содержащие в своем составе два и более элемента питания. Такие удобрения могут получать непосредственно в хозяйствах, добавляя в растворы, например, соли некоторых микроэлементов (если при этом не образуется осадка). Жидкое комплексное азотно-фосфорное удобрение, которое производится компанией «ФосАгро», содержит 11% N и 37% P₂O₅, причем стоимость жидких

минеральных удобрений в настоящее время, как минимум, дешевле твердых туков на 30%.

Для внесения в почву жидких форм минеральных удобрений применяют различные технологические машины: агрегат для внесения безводного аммиака Nitromaster, комплекс (агрегат) для внесения безводного аммиака КБА-8 «Стрела», агрегат для внесения аммиачной воды АВА-8, агрегат для внесения в почву жидких минеральных удобрений и средств защиты растений ОЗП, агрегат для внесения гербицидов (АВГ-8), опрыскиватель ОКЖ-5,6, машину для внесения жидких минеральных удобрений АПЖ-12, комплекс для внесения в почву жидких минеральных удобрений и средств защиты растений «Реал», агрегат Ликвилайзер фирмы «Дупорт» (Liquiliser, Duport) и агрегат GFI фирмы Gustrower различных емкостей, мультиинжектор «Туман 2», агрегат для внесения нитратов «Case Ih», аппаратуру ленточного внесения гербицидов «Лента-В», аппликатор-растениепитатель «RSM AF-3800», аппликатор-растениепитатель «RSM AP», культиватор с оборудованием для внесения удобрений «КУ-3(6,2) А», машину для внесения жидких удобрений «Агриджет 2 × 2», машину для внесения питательных веществ «John Deere 2510H (C)», питатель прицепной «Агриджет-03», подкормщики жидкими удобрениями серии «ПЖУ», подкормщик жидкими удобрениями «Аммиачник», подкормщик монтируемый «ПМТ-480», подкормщик для внесения жидких минеральных удобрений (КАС, ЖКУ) и аммиачной воды «АВУ-4500», систему внесения жидких удобрений LINUS, системы внесения жидких удобрений (СВЖУ), комплекс для внесения жидких и гранулированных удобрений одновременно с севом на базе ПК JOHN DEER, комплекс для внесения жидких и гранулированных удобрений одновременно с севом на базе ПК BOURGAULT, установку почвенного внесения КАС УА-ЖУ на ПК с промежуточной емкостью, установку почвенного внесения двух видов жидких удобрений УА-ЖУ на ПК Salford с прицепной емкостью 2 × 5000 л, агрегат мобильный для внесения жидких удобрений STUURMAN RONDO.

Представленные выше и многие другие виды технологических машин выполнены в прицепном, навесном и монтируемом вариантах. Практика показывает, что выбор технического обеспечения достаточно велик и перед сельхозтоваропроизводителями стоит задача выбора эффективного варианта машинно-тракторного агрегата (МТА) для производства технологического процесса внесения жидких форм минеральных удобрений в почву.

Вопросы комплектования машинно-тракторных агрегатов при возделывании сельскохозяйственных культур приобретают в настоящее время особую значимость. Это связано с техническим перевооружением отрасли сельского хозяйства, совершенствованием самой техники и вызванным этим ее удорожание. Кроме того, значительно расширилась номенклатура выпускаемых как мобильных энергетических средств, так и технологических машин, реализуемых в соответствующих технологиях. Все это ставит перед сельхозтоваропроизводителями задачу по выбору эффективного технического обеспечения технологий возделывания требующих культур с наименьшими затратами при его эксплуатации.

Как правило, в настоящее время сельхозтоваропроизводители самостоятельно решают вопрос комплектования МТА по срокам внесения, способу агрегатирования, производительности, использованию комплексных (многооперационных) МТА в зависимости от почвенно-климатической зоны, в которой находится хозяйство, и финансовой устойчивости. Однако обращает на себя внимание другой аспект проблемы. Основным документом, регламентирующим процесс производства любой сельскохозяйственной культуры, является технологическая карта. В ней отражены основные технологические процессы и их составные части, сырье, материалы, техника, машины, оборудование и технологические режимы, необходимые для изготовления изделия время, квалификация работников. При расчете прямых эксплуатационных затрат определяющую роль играют

производительность агрегата и цена техники, поскольку эти показатели используются при определении затрат средств на оплату труда обслуживающего персонала и затрат на ремонт и техническое обслуживание приобретенной техники. Для определения минимального уровня прямых эксплуатационных затрат в технологии возделывания сельскохозяйственной культуры требуется неоднократный расчет при смене как мобильных энергетических средств, так и технологических машин, составляющих агрегат. В связи с этим целесообразно на начальном этапе формирования машинно-тракторного агрегата его выбор производить по минимуму энергетических затрат на их производство и эксплуатацию. Основы для подобного рода расчетов заложены в соответствующих источниках научно-технической информации [13–19]. Однако рассматривая аспекты энергосбережения при использовании технологических агрегатов, нужно учитывать, что весь объем работ в соответствующем технологическом модуле необходимо осуществлять в определенные временные рамки, что предопределяет комплектование высокопроизводительных агрегатов, обеспечивающих выполнение требуемого объема работ в заданные сроки. Возникающая двуединая задача требует в дальнейшем своего логического решения на основе оценки значимости факторов, влияющих на выбор машинных технологий в растениеводстве.

Изложенный выше материал представлен в канонической форме (см. рис. 3). Принципиально приведенную концептуальную модель процесса внесения в почву жидких форм минеральных удобрений следует отнести к комплексным моделям, в которой блоки «А» и «В» содержат основные связи взаимодействующих между собой факторов урожайности: микроклимат, радиационный режим, экологическое воздействие (вредители, болезни), выступающие в качестве внешнего воздействия на агроэкосистему и в то же время обеспечивающие рост, развитие, распространение ассимилянтов, фотосинтез и дыхание растений, водно-тепловой режим

и транспортировку элементов питания (надземная часть) и комплекс взаимосвязей в корнеобитаемой части агроэкосистемы.

Взаимодействие обозначенных блоков достаточно полно описано в источниках научно-технической информации, поэтому ее приводить не будем. В соответствии с направлением научных исследований обозначим основные связи между компонентами.

Внутренние прямые связи

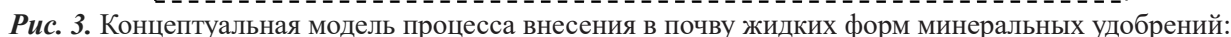
1. А (надземная часть агроэкосистемы) → В (корнеобитаемая часть агроэкосистемы) → Вп (блок питания корнеобитаемой части агроэкосистемы) → Ст (техническое обеспечение внесения ЖМУ: $C_{Т1}$ – машины для внесения минеральных удобрений: $C_{Т2}$, $C_{Т12}$) → $C_{ТМ}$ (технологические машины: $C_{ТМ1}$, $C_{ТМ2}$, $C_{ТМ3}$, $C_{ТМ4}$) → D_K (комплектование МТА: D_{K1} , D_{K2} , D_{K3} , D_{K4} , D_{K5} , D_{K6} , D_{K7});

2. Са (агротехнические мероприятия: Ca_1 , Ca_2 , Ca_3) → Сап (способы внесения ЖМУ: Ca_1 , Ca_2 , Ca_3 , Ca_{11} , Ca_{12} , Ca_{13} , Ca_{14}) → Ст (техническое обеспечение внесения ЖМУ: $C_{Т1}$ – машины для внесения минеральных удобрений: $C_{Т2}$, $C_{Т12}$) → $C_{ТМ}$ (технологические машины: $C_{ТМ1}$, $C_{ТМ2}$, $C_{ТМ3}$, $C_{ТМ4}$) → D_K (комплектование МТА: D_{K1} , D_{K2} , D_{K3} , D_{K4} , D_{K5} , D_{K6} , D_{K7});

3. Бп ($B_{П1}$, $B_{П2}$) (блок питания) → $C_{ТМ}$ (технологические машины: $C_{ТМ1}$, $C_{ТМ2}$, $C_{ТМ3}$, $C_{ТМ4}$) → D_K (комплектование МТА: D_{K1} , D_{K2} , D_{K3} , D_{K4} , D_{K5} , D_{K6} , D_{K7}).

Обратные связи: блок «А» и блок «В»; Вп и блок Ст, $Ст_{12}$ и блок Стм.

Дальнейшее развитие концептуальной модели процесса внесения в почву жидких форм минеральных удобрений будет осуществляться в направлении развития и совершенствования средств труда для реализации основных способов их внесения в почву.



А – надземная часть агроэкосистемы; В – корнеобитаемая часть агроэкосистемы; Вп – блок питания корнеоби-
таемой части агроэкосистемы; Са – агротехнические мероприятия; Сап – способ внесения ЖМУ; Са₁ – основное
внесение; Са₂ – припосевное внесение; Са₃ – подкормка; Са₁₁ – внутрипочвенное внесение; Са₁₂ – внесение
одновременно с семенами; Са₁₃ – внесение в междурядье; Са₁₄ – поверхностное внесение; С_Т – техническое
обеспечение внесения ЖМУ; С_{Т1} – машины для внесения минеральных удобрений; С_{Т2} – машины для внесения
органических удобрений; С_{Т11} – машины для внесения твердых удобрений; С_{Т12} – машины для внесения жидких
удобрений; С_{Т13} – машины для внесения пылевидных удобрений; С_{ТМ} – технологические машины; С_{ТМ1} – техно-
логические машины навесные; С_{ТМ2} – технологические машины прицепные; С_{ТМ3} – технологические машины
монтируемые; С_{ТМ4} – технологические машины самоходные; Б_П – блок питания; Б_{П1} – блок азотного питания; Б_{П2} –
блок фосфорного питания; D_к – комплектование МТА; D_{к1} – комплектование МТА по срокам внесения ЖМУ;
D_{к2} – комплектование МТА по способу агрегатирования; D_{к3} – комплектование МТА по производительности;
D_{к4} – комплектование МТА по удельному сопротивлению машин; D_{к5} – комплектование МТА по использованию
комплексных (многооперационных) МТА; D_{к6} – комплектование МТА перспективными РО (D_{к61} – распреде-
литель малых объемов ЖМУ при внутрипочвенном внесении; D_{к62} – вращающийся пневматический распределитель
ЖМУ при поверхностном внесении; D_{к63} – пневмокапельный распылитель ЖМУ при внутрипочвенном внесе-
нии); D_{к7} – комплектование энергосберегающих МТА

Fig. 3. Conceptual model of the process of applying liquid forms of mineral fertilizers to the soil. A – the above-ground part of the agro-ecosystem; B – the root-inhabited part of the agro-ecosystem; Bp – the feeding block of the root-inhabited part of the agro-ecosystem; Ca – agrotechnical measures; Can – the method of application of LMF; Ca₁ – main application; Ca₂ – application at seeding; Ca₃ – top dressing; Ca₁₁ – in-soil application; Ca₁₂ – application simultaneously with seeds; Ca₁₃ – inter-row application; Ca₁₄ – surface application; C_T – technical support of liquid fertilizer application; C_{T1} – machines for mineral fertilizer application; C_{T2} – machines for organic fertilizer application; C_{T11} – machines for solid fertilizer application; C_{T12} – machines for liquid fertilizer application; C_{T13} – machines for dust fertilizer application; C_{TM} – technological machines; C_{TM1} – lift-type technological machines; C_{TM2} – trailed technological machines; C_{TM3} – mounted technological machines; C_{TM4} – self-propelled technological machines; B_p – power supply unit; B_{p1} – nitrogen power supply unit; B_{p2} – phosphorus power supply unit; D_K – MTA equipment; D_{K1} – MTA equipment by timing of liquid fertilizer application; D_{K2} – MTA equipment by method of aggregation; D_{K3} – MTA equipment by productivity; D_{K4} – MTA equipment by specific resistance of machines; D_{K5} – MTA equipment by use of complex (multi-operational) MTAs; D_{K6} – MTA equipment with perspective ROs (D_{K61} – a distributor of small volumes of LMF for in-soil application; D_{K62} – a rotating pneumatic atomizer of LMF for surface application; D_{K63} – a pneumatic drip atomizer of LMF at in-soil application); D_{K7} – completion of energy-saving MTAs

ВЫВОДЫ

1. Для обоснования перспективных технологических процессов использования жидких форм азотно-фосфорного питания в технологиях возделывания зерновых культур целесообразно использовать информационно-методическое обеспечение, заключающееся в рассмотрении причинно-следственных связей технической системы, взаимодействующей с внешней средой, их влиянием на формирование планируемых выходных показателей с учетом ресурсного потенциала для ее функционирования.

2. При разработке концептуальной модели технологического процесса внесения в почву жидких форм минеральных удобрений целесообразно использовать концептуальную модель ресурсного цикла возделывания зерновых культур с дополнительно введенным блоком минерального питания вегетирующих растений с упорядоченными внутренними связями системы.

3. Разработанная концептуальная модель функционирует в основных блоках: блок «А» – надземная часть агроэкосистемы; блок «В» – корнеобитаемая часть агроэкосистемы; блок «Са» – агротехнические мероприятия, обеспечивающие через блоки «Ст» (техническое обеспечение внесения ЖМУ), «С_{тм}» (технологические машины) и «D_к» (комплектование МТА) – комплекс необходимых для растений агротехнических мероприятий с целью получения заданного объема сельскохозяйственной продукции требуемого качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаров Н.Н. Научно-методические основы формирования машинных технологий возделывания зерновых культур: монография. Новосибирск: Изд-во СФНЦА РАН, 2018. 250 с.
2. Назаров Н.Н., Милаев П.П. Инженерное проектирование агротехнологий растениеводства: монография. Новосибирск: Изд-во СФНЦА РАН, 2019. 255 с.
3. Барановская Т.П., Вострокнутов А.Е., Фешина Е.В., Коваленко А.В. Усовершенствованные методика и модели количественного описания производственного процесса технологически интегрированных агропромышленных организаций // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 93. С. 9–13.
4. Сагинова О.В. Что такое концептуальная модель исследования // Человеческий капитал и профессиональное образование. 2019. № 4 (30). С. 99–103.
5. Сайганов А.С., Липская В.К. Методология повышения конкурентоспособности технически сложных товаров производственного назначения на примере зерноуборочных комбайнов // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2019. Т. 57. № 3. С. 344–356.
6. Подгорный В.В. Особенности структурной организации концептуального управления как составляющей социального явления // Экономика и управление. 2018. № 6 (152). С. 38–48.
7. Манушин Д.В. Современные концептуальные модели макроэкономического и экономического кризиса. Системный институциональный и управленческие подходы // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2022. Т. 18. № 10 (415). С. 1879–1904.
8. Вицентий А.В. Разработка формационной модели конфликтной мультипредметной системы поддержки управления пространственно-распределительными социально-экономическими системами // Информатизация и связь. 2019. № 4. С. 64–69.
9. Абдулгалимов Р.М. Концептуальная модель развития профессионального мировоззрения студента современного вуза // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 4. С. 112.
10. Вострокнутов А.Е., Фешина Е.В., Мурлин А.Г. Методики и модели технологически интегрированных цепочек создания ценности в производственных системах АПК // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 174. С. 436–446.
11. Дорохов А.С., Сибирев А.В., Аксенов А.Г., Мосяков М.А. Разработка концептуальной технико-технологической модели машинного производства лука, моркови, столовой свеклы и картофеля // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 1. С. 4–10. DOI: 10.26897/2687-1149-2023-1-4-10.

12. Кондраков И.М., Кондракова С.О. Развитие творческого воображения // Университетская наука. 2021. № 1 (11). С. 180–184.
13. Фарус О.А., Оганисян А.А. Практика применения теории решения изобретательских задач в рамках химического образования // Наукосфера. 2022. № 6-1. С. 96–99.
14. Яковлев Д.А., Беляев В.И., Прокопчук Р.Е. Сравнительная энергооценка рабочих органов посевных машин для прямого посева в условиях различного увлажнения почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 144–150.
15. Бачурин Р.Н., Беляев В.И., Пирожков Д.Н. Энергооценка машинно-тракторного агрегата при внесении жидких минеральных удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 11 (181). С. 144–149.
16. Назаров Н.Н., Яковлев Н.С., Чекусов М.С., Некрасова И.В. Выбор технологического и технического обеспечения возделывания сельскохозяйственных культур по энергетическим затратам // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 7 (182). С. 150–160.
17. Назаров Н.Н., Некрасова И.В. Оценка и выбор машинно-тракторных агрегатов при культивации по энергетическим затратам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52 (1). С. 70–80.
18. Аллатов А.В., Новоселов Э.А. Оценка энергетической эффективности сельскохозяйственного производства Орловской области // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2019. № 8 (53). С. 8–22. DOI: 10.33938/198-8.
19. Цыганова Н.А. Энергетическая и экономическая эффективность дифференцированного применения минеральных удобрений в полевом опыте // Агрофизика. 2020. № 1. С. 37–44.
20. Baranovskaya T.P., Vostroknutov A.E., Feshina E.V., Kovalenko A.V. Improved methods and models of quantitative description of the production process of technologically integrated agro-industrial organizations. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2021, no. 93, pp. 9–13. (In Russian).
21. Saginova O.V. What is a conceptual model of research. *Chelovecheskii kapital i professional'noe obrazovanie = Human Capital and Professional Education*, 2019, no. 4 (30), pp. 99–103. (In Russian).
22. Saiganov A.S., Lipskaya V.K. Method for increasing competitiveness of technically sophisticated industrial goods based on example of grain harvesters. *Vesci Nacyânal'naj akademii navuk Belarusi. Seryâ agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*, 2019, vol. 57, no. 3, pp. 344–356. (In Belarus).
23. Podgorny V.V. Aspects of structural organization of conceptual management as a component of social management. *Ekonomika i upravlenie = Economics and management*, 2018, no. 6 (152), pp. 38–48. (In Russian).
24. Manushin D.V. Modern conceptual models of macroeconomic and economic crisis. Systemic, institutional and management approaches. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2022, vol. 18, no. 10 (415), pp. 1879–1904. (In Russian).
25. Vicenty A.V. Development of an information model of a conflict multi-subject management support system for spatial-distributive socio-economic systems. *Informatizatsiya i svyaz' = Informatization and communication*, 2019, no. 4, pp. 64–69. (In Russian).
26. Abdulgalimov R.M. Conceptual model development for a professional outlook of a student of modern high school. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*, 2019, no. 4, p. 112. (In Russian).
27. Vostroknutov A.E., Feshina E.V., Murlin A.G. Methods and models of technologically integrated value creation chains in the production systems of AIC. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*, 2021, no. 174, pp. 436–446. (In Russian).

REFERENCES

1. Nazarov N.N. *Scientific and methodological foundations of the formation of machine technologies of cultivation of grain crops*. Novosibirsk, Publishing house SFSCA RAS, 2018, 250 p. (In Russian).
2. Nazarov N.N., Milaev P.P. *Engineering design of agrotechnologies of plant growing*. Novosibirsk, Publishing house SFSCA RAS, 2019. 255 p. (In Russian).

11. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G., Mosyakov M.A. Developing a conceptual technological model of the commercial production of onions, carrots, beetroots, and potatoes. *Agroinzheneriya = Agricultural Engineering*, 2023, vol. 25, no. 1, pp. 4–10. (In Russian). DOI: 10.26897/2687-1149-2023-1-4-10.
12. Kondrakov I.M., Kondrakov S.O. Developing your creative imagination. *Universitetskaya nauka = University science*, 2021, no. 1 (11), pp. 180–184.
13. Farus O.A., Oganessian A.A. The practice of applying the theory of solving inventive problems in the framework of chemical education. *Naukosfera = Naukosfera*, 2022, no. 6-1, pp. 96–99. (In Russian).
14. Yakovlev D.A., Belyaev V.I., Prokopchuk R.E. Comparative energy evaluation of the working tools of sowing machines for direct seeding under conditions of different soil moisture content. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 6 (188), pp. 144–150. (In Russian).
15. Bachurin R.N., Belyaev V.I., Pirozhkov D.N. Energy estimation of machine-tractor unit at the application of liquid mineral fertilizers. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 11 (181), pp. 144–149. (In Russian).
16. Nazarov N.N., Yakovlev N.S., Chekusov M.S., Nekrasova I.V. The choice of technological and technical support for the cultivation of agricultural crops by energy costs. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2021, no. 7 (182), pp. 150–160. (In Russian).
17. Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Evaluation and selection of machine-tractor units during cultivation by energy costs. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52 (1), pp. 70–80. (In Russian).
18. Alpatov A.V., Novoselov E.A. Assessment of the energy efficiency of agricultural production in the Orel region. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве = Economics, labor, management in agriculture*, 2019, no. 8 (53), pp. 8–22. (In Russian). DOI: 10.33938/198-8.
19. Tsyganova N.A. Energy and economic efficiency of site-specific application of mineral fertilizers in field crop rotation. *Agrofizika = Agrophysics*, 2020, no. 1, pp. 37–44. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Назаров Н.Н.**, доктор технических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Некрасова И.В., старший научный сотрудник; e-mail: irnek@ngs.ru.

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nikolay N. Nazarov**, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Irina V. Nekrasova, Senior Researcher; e-mail: irnek@ngs.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 05.05.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 28.06.2023
Дата публикации / Published 21.08.2023