Перспективы использования данных дистанционного зондирования в оценке состояния мелиоративных систем и эффективности использования мелиорированных земель

Н. Н. Дубенок¹, Ю. Г. Янко², А. Ф. Петрушин², Р. В. Калиниченко¹

¹ Российский государственный аграрный университет — MCXA имени K. A. Тимирязева, Москва, 127550, Россия E-mails: ndubenok@mail.ru, kalinichenko_rv@mail.ru

² Агрофизический научно-исследовательский институт Санкт-Петербург, 195220, Россия E-mails: yanko@agrophys.ru, apetrushin@agrophys.ru

В работе проведён анализ динамики основных показателей водопользования за последние годы в России, которое сократилось с 2000 г. на более чем 45 %. Участившиеся засухи последних лет приводят к огромным потерям урожая и недобору основных кормовых культур для животноводства. Использование мелиорированных земель может стать высокопродуктивным и устойчивым по объёму производства сельскохозяйственной продукции сегментом аграрной экономики только при достаточном ресурсном его обеспечении. Ресурсное обеспечение Российской Федерации позволяет увеличить площади как орошаемых, так и осущаемых земель до уровня, необходимого для обеспечения продовольственной безопасности страны. Представлены данные о работе осущительных мелиоративных систем сельскохозяйственных земель в условиях многократно превышения нормы осадков. Приведены показатели и факторы, влияющие на водно-воздушный режим почв мелиорированных земель с истекшим сроком гарантированной работы мелиоративной системы. Проведён анализ причин переувлажнения почв и повторного заболачивания земель. Обследование осущенных мелиорированных земель по действующим методикам позволяет выявить только локальные неисправности мелиоративной системы. Более точно определить участок, где вышла из строя мелиоративная система, возможно только дистанционно, по снимкам, показывающим всю мелиоративную систему, включая водоприёмник, транспортирующие каналы и другие гидротехнические сооружения. В статье описана методика дистанционного обследования технического состояния осушительных мелиоративных систем для автоматизации проектирования ремонта объектов мелиорации.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, аэрофотосъёмка, методика оценки состояния мелиоративной системы, мелиоративная осушительная система, трубчатый дренаж, мелиорированные земли, заиление дренажа, продовольственная безопасность, оросительные системы

Одобрена к печати: 08.04.2019 DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-96-104

Международная продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) на основании сбора и анализа общемировых данных по производству и потреблению определила, что продовольственная безопасность обеспечивается при наличии зерна не менее 600 кг в год на душу населения. По данным ФАО, в мире производится около 2,2 млрд т зерна. В связи с этим примерно третья часть населения Земли голодает или недоедает. К сожалению, ситуация с обеспечением населения планеты продовольствием не улучшается, а обостряется. Обусловливается это ограниченными возможностями расширения пашни при ежесуточном приросте народонаселения на 219 тыс. человек, активной аридизацией климата и опустыниванием (Дубенок и др., 2015).

В Российской Федерации 65 % пашни, 28 % сенокосов, 50 % пастбищ подвержены разрушающему действию дефляции, засухе, суховеям и другим неблагоприятным явлениям. Совсем недавняя засуха 2010 г. в России охватила около 60 млн га пахотных земель, что составляет 50 % от общего их объёма в стране. Ущерб был оценён в 80—85 млрд руб. В пострадавших регионах России дефицит составил: сена — 4 млн т, сенажа — 5 млн т, силоса — 4,8 млн т,

соломы — 1 млн т, фуражного зерна — 7 млн т, семян озимых зерновых — 228 тыс. т, яровых культур — 1,37 млн т (Дубенок, 2012).

Во второй половине XX в. наблюдалось устойчивое сокращение используемых земель. В период 1961—2003 гг. в мире было выведено 223 млн га сельхозугодий. Больше всего — в России и странах СНГ (58 млн га), однако эти показатели высоки и в других странах: в Австралии — 41 млн га, в США — 36 млн га, в Западной Европе — 25 млн га.

Существует два типа такого процесса: интенсификационный и перестроечный (кризисный). Последний характерен для России. В результате выбытия земель из оборота произошло сокращение пашни на 10 млн га, посевных площадей — на 40 млн га, в том числе под зерновыми — на 17 млн га.

Последствия вывода земель из оборота:

- сокращение площади пахотных земель на душу населения и, как следствие, уменьшение среднедушевого и валового сбора сельскохозяйственной продукции;
- потери «вложенного труда» (в мелиорацию ранее вложены огромные финансовые средства);
- сокращение численности сельского населения (Дубенок и др., 2015).

Мелиоративный комплекс России представлен 9,1 млн га мелиорированных земель, в числе которых орошаемых — более 4,3 млн га и осушенных — почти 4,8 млн га. В нём занято около 5 % населения страны (Дубенок, 2010).

Большая часть основных фондов создана в 60–80-х гг. прошлого века, поэтому около 43 % оросительных и свыше 24 % осущительных систем нуждаются в проведении работ по техническому улучшению, перевооружению и восстановлению. В результате нарушения функциональных возможностей мелиоративных систем уровень их технического состояния резко упал. Основные площади осущенных земель находятся в Нечернозёмной зоне России, в том числе в Северо-Западном федеральном округе — 1,8 млн га.

Свыше половины оросительных систем (2,3 млн га) нуждается в проведении капитальных работ по реконструкции, повышению их технического уровня и других мероприятий. Более 72 % орошаемых земель, имеющих неудовлетворительное мелиоративное состояние, сосредоточены в регионах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов (Дубенок и др., 2011).

Из анализа динамики основных показателей водопользования за 16 лет в России видно, как уменьшается водопотребление для целей орошения, обводнения пастбищ и сельскохозяйственного водоснабжения. Так, в 2000 г. водопотребление для орошения и обводнения сельскохозяйственного водоснабжения составляло 12,6 км³, а в 2015 г. — 7,2 км³. Мы наблюдаем резкое уменьшение водопотребления в сельскохозяйственном производстве (Государственный..., 2016).

Осушаемым землям принадлежит значительная роль в решении проблемы производства кормов, а также овощей. Совсем недавно исполнилось 44 года с принятия Программы развития сельского хозяйства Нечернозёмной зоны России. После проведения мелиоративных работ, а также строительства дорог, жилья, школ, детских садов, производственных мощностей в Нечерноземье производилось 30 % продукции земледелия и животноводства, из них 31 % мяса, 40 % молока и яиц, 45 % картофеля, 33 % овощей, 95 % льноволокна, до 70 % кормов и др.

Более 80 % всех осущаемых сельскохозяйственных угодий занято кормовыми культурами, включая посевы зернофуражных культур. Около 24 % площади осушительных систем нуждаются в проведении работ по реконструкции осушительной сети и сооружений, на 33 % площади осушенных земель требуется проведение химических мелиораций. По данным Минсельхоза и Отделения сельскохозяйственных наук РАН, на земли сельскохозяйственного назначения приходится 401,1 млн га. Из них к категории сельскохозяйственных угодий относятся 220,7 млн га, в том числе 122,1 млн га пашни. По площади пашни Россия уступает США (186 млн га), Индии (170 млн га) и Китаю (135 млн га). Агропромышленный комплекс США производит более 400 млн т зерна в год, или немногим менее 20 % его мирового баланса, из

них более 60 % — на мелиорируемых землях. Индия и Китай с населением 1 млрд и 1,5 млрд человек соответственно закрывают внутреннюю потребность в продовольствии.

В США с более высоким по сравнению с Россией биоклиматическим потенциалом продуктивности мелиорировано до 40 % пашни, что составляет 70 млн га. В Индии из 170 млн га пашни мелиорировано более 60 млн, или около 36 %. Ещё более высокая доля мелиорированных земель в Китае — около 55 %, а площадь их превышает 74 млн га. Теперь в Китае производится около 500 млн т зерна, в том числе 200 млн т риса.

Объём же производства зерна в Российской Федерации остаётся в среднем на уровне 95,8 млн т. И даже при таких скромных показателях наша страна поставляет часть зерна на международный рынок, получается это исключительно из-за недостаточного использования его для производства продуктов питания животного происхождения, импорт которых достигает 20–30 % (Дубенок и др., 2016).

Однако следует признать, что незначительная фактически поливаемая площадь не может оказать заметного влияния на увеличение объёмов и повышение устойчивости производства продовольствия. Подтверждением этому служит влияние орошения на сельскохозяйственное производство Российской Федерации в конце 1980-х гг., когда поливалось почти 6 млн га, а средняя продуктивность поливного гектара составила 4,4—4,5 тыс. корм. ед. с 1 га. Тогда орошение в таком объёме способствовало решению проблемы обеспечения населения России рисом, овощами, созданию в засушливой зоне достаточно прочной кормовой базы для животноводства даже в неблагоприятные по условиям увлажнения годы (Дубенок и др., 2015).

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. для достижения национальной безопасности, в том числе продовольственной, определён уровень производства продуктов питания по отношению к 2007 г. Валовой сбор зерна планируется довести до 120—125 млн т. Производство мяса за эти годы планируется увеличить в 1,7 раза, а молока — на 27 %. Если же ориентироваться на среднестатистические данные текущего столетия, то показатель фактического годового производства зерна составляет 95,8 млн т, в 2008 г. — 108 млн т, в 2016 г. — 119 млн т, в 2017 г. — 131 млн т. Таким образом, с 2018 до 2020 г., т.е. за два года, объём производства зерна необходимо увеличить на 20—25 млн т, или ежегодно на 4,5—5,0 млн т.

По данным ряда институтов Отделения сельскохозяйственных наук РАН, получение с каждого поливного гектара продукции на уровне 7.0-7.5 тыс. корм. ед. в зоне Среднего Поволжья и Юга России в зерно-кормовом севообороте возможно на фоне внесения в среднем за ротацию на 1 га севооборотной площади 195-205 кг д.в. минеральных удобрений при средневзвешенной оросительной норме $3000 \, \mathrm{m}^3$ /га и энерговооружённости работников орошаемого земледелия не ниже $44-52 \, \mathrm{kBT}$. Обеспеченность полевого орошаемого земледелия в этой зоне денежно-материальными ресурсами при такой продуктивности должна составлять не менее $20-24 \, \mathrm{тыс.}$ руб. на 1 га. Получение более высокой продуктивности, на уровне $12.0-13.5 \, \mathrm{тыс.}$ корм. ед. с 1 га, в тех же условиях связано с увеличением дозы внесения удобрений до $240-265 \, \mathrm{kr}$ д.в., оросительной нормы — до $4100 \, \mathrm{m}^3$ /га и энерговооружённости — до $80-90 \, \mathrm{kBt.}$ Потребность в финансировании при этом возрастает до $29-31 \, \mathrm{tыc.}$ руб. на 1 га (Дубенок, Ляшевский, 2015; Дубенок и др., 2011, 2015).

Следовательно, мелиоративное земледелие может стать высокопродуктивным и устойчивым по объёму производства сельскохозяйственной продукции сегментом аграрной экономики только при достаточном ресурсном его обеспечении. Ресурсное обеспечение Российской Федерации позволяет увеличить площади как орошаемых, так и осушаемых земель до уровня, необходимого для обеспечения продовольственной безопасности страны (Импортозамещение..., 2015).

«Подушка» продовольственной безопасности зерна, как и кормов, гарантированно получаемых с мелиорированных земель, должна быть не менее 30 % общей потребности в них, или в расчёте на зерно 25–28 млн т. Обеспечить такой объём производства зерна в стране возможно получением с осущенных земель 7–9 млн т, при условии увеличения денежных средств на материально-техническое и технологическое обеспечение, и 17–19 млн т — с орошаемых. Это станет достижимым при расширении площади поливных угодий до 9–10 га,

из которых под посевы зерновых и зернобобовых культур, главным образом кукурузы и сои, будет отводиться не менее 3,5—4,0 млн га. Даже при такой площади орошаемых земель доля их в структуре пашни не достигнет 10 %, однако они станут надёжным гарантом обеспечения продовольственной независимости страны (Дубенок и др., 2015).

В Российской Федерации, и в том числе в Ленинградской области, разработана и выполняется Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014—2020 годы», в рамках которой осуществляется реконструкция и ремонт мелиоративных систем, ведутся культуртехнические работы, вводятся в оборот не используемые в сельскохозяйственном производстве земли. Важной составной частью работ по наблюдению за техническим состоянием и проведением ремонта мелиоративных систем является их обследование и наблюдение за водно-воздушным, питательным и микробиологическим режимами почв (Якушев и др., 2016).

Контроль за мелиоративным состоянием мелиорированных земель позволяет сделать заключение о состоянии водно-воздушного, питательного и теплового режимов почв, сроках прекращения стоков воды с осущаемых территорий, аккумуляции дренажного стока, определения времени дополнительного увлажнения, оперативного отвода избыточной влаги при паводковых ситуациях.

Агрофизический научно-исследовательский институт и ряд других НИИ и вузов на протяжении нескольких лет проводят научные исследования по применению дистанционных методов обследования осушенных мелиорированных земель с использованием беспилотных летательных аппаратов. По полученным аэрофотоснимкам можно определить техническое состояние осушительных мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений (Дубенок и др., 2013).

Результаты наблюдений и обследований используются для разработки мероприятий по улучшению мелиоративного состояния мелиорированных земель, обеспечению на них оптимального водно-воздушного, питательного и микробиологического режимов в течение всего вегетационного периода. Проведение наблюдений и обследований является весьма дорогостоящим мероприятием, достоверность полученных показателей в некоторых случаях сомнительна, а убытки сельскохозяйственных предприятий от неисправных мелиоративных систем значительны и составляют около 20 % только по недобору урожая.

Расшифровка аэрофотоснимков, полученных в различных диапазонах электромагнитного спектра беспилотными летающими аппаратами, а также информация со спутников позволяют получить требуемую информацию о техническом состоянии осушительных мелиоративных систем. Применение автоматизированных метеорологических измерений, анализаторов
качества стоков воды с полей, измерение уровня грунтовых вод, использование георадаров
и других средств измерений в режиме контроля и фиксации географических координат места
проведения исследований по установленной программе способствует повышению производительности труда и получению более достоверных показателей обследования (Янко и др., 2016)

Обследование осушенных мелиорированных земель по действующим методикам позволяет выявить только локальные неисправности мелиоративной системы. Более точно определить участок, где вышла из строя мелиоративная система, возможно только дистанционно, по снимкам, показывающим всю мелиоративную систему, включая водоприёмник, транспортирующие каналы и другие гидротехнические сооружения. Предлагаемые подходы к обследованиям дистанционными способами позволяют предложить владельцам мелиоративных систем методику, сокращающую время и ручной труд инженеров-гидротехников, получать более достоверные данные и составлять дефектные ведомости для ремонта объектов мелиорации (Петрушин, Митрофанов, 2017).

В основе методики лежит анализ полученных с беспилотных летательных аппаратов аэрофотоснимков мелиорированных полей, осушенных открытой осушительной сетью каналов или закрытым трубчатым дренажом, с высоким разрешением, где распознаются отдельные элементы осушительной системы. Например, по космическим фотоснимкам возможно распознавание открытых водоприёмников, искусственных прудов, водохранилищ, плотин, дамб обвалования, отдельно расположенных гидротехнических сооружений, таких как мосты,

трубопереезды, внутрихозяйственные дороги, опоры линий электропередач, насосные станции и другие наземные строения, относящееся к осущительной мелиоративной системе. Но качественные космические снимки можно получить только два месяца в году, остальное время над территорией Северо-Западного федерального округа и Ленинградской области, как правило, облачность. Необходимую информацию даёт только аэрофотосъёмка, проведённая беспилотными летающими аппаратами. По состоянию посевов на обследуемом осушенном мелиорированном поле в конкретное время вегетационного периода косвенным путём можно определить техническое состояние мелиоративной системы, для чего в различных климатических зонах Ленинградской области созданы 10 тестовых полигонов с полями севооборотов. Многолетние исследования, проводимые на тестовых полигонах, позволяют оценивать риски в сельскохозяйственном производстве, прогнозировать изменения урожайности выращиваемых культур по погодным условиям, применяемым агротехнологиям, используя наземные и дистанционно полученные данные измерений состояния посевов.

Обследования осушительных мелиоративных систем дистанционными методами рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- 1. Получение космических снимков (аэрофотоснимков) на заданную территорию с заданными параметрами.
- 2. Сбор и преобразование в электронный вид проектной (рабочей) документации на обследуемую мелиоративную систему (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент проектной документации

3. Проведение полевых работ по ключевым сооружениям осушительной системы и установлению типовых признаков их исправного (неисправного) состояния.

- 4. Фото- и/или видеосъёмка сооружения (участка поля), подтверждающая визуально его техническое состояние с указанием координат и времени. Использование беспилотных летальных аппаратов для проведения съёмки является более информативным и достоверным, особенно при съёмках не только в видимом, но и инфракрасном диапазонах.
- 5. Камеральная обработка космических снимков, аэрофотоснимков и наземных фотоснимков для сопоставления признаков неисправности (исправности) отдельных элементов объекта мелиорации (*puc. 2*).



Рис. 2. Фрагмент аэрофотоснимка с неисправной закрытой дренажной системой. Наблюдаются зоны переувлажнения

- 6. Определение технического состояния мелиоративной системы по полученному урожаю в прошедшие годы на обследуемом мелиорированном поле.
- 7. Определение степени зарастания каналов и полей древесно-кустарниковой растительностью по площади и густоте зарастания, породе и толщине стволов по снимкам путём сравнения их со снимком модельного участка, заросшего подобной растительностью.
- 8. Расчёт объёмов надземной части древесины на откосах и бермах каналов, выдача рекомендаций о механизированной их сводке и утилизации.
- 9. Расчёт объёмов корчёвки (удаления) пней и корней с рекомендациями способов их удаления из каналов, берм и площади поля.
- 10. Определение неисправностей осушительной системы закрытых трубчатых дрен и коллекторов по визуальному дешифрированию снимков, полученных после схода снежного покрова, путём наложения информации о переувлажнении площади поля на схему закрытого дренажа с целью определения локального места вышедшего из строя элемента осушительной системы.
- 11. Определение координат вымочек, их площади, выдача рекомендаций по устранению неисправности и использованию мелиорированного поля (рис. 3, см. с.102).



Рис. 3. Фрагмент аэрофотоснимка неработающей закрытой дренажной системы

- 12. Определение геометрических размеров каналов, объёма донных отложений по цифровой модели местности.
- 13. Составление профиля дна и поперечных размеров канала, расчёт объёмных показателей ремонта неисправного канала.
- 14. Получение данных от дистанционных датчиков об уровне и качестве подаваемой (сбросной) воды мелиоративной системы, метеорологических характеристик объекта и передача их в базу данных.
- 15. Расчёт показателей водоснабжения (водоотведения) конкретной мелиоративной системы, её технического состояния, потенциального плодородия мелиорированного поля и величины урожайности выращиваемой культуры.

Литература

- 1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году». М.: НИА-Природа, 2016. 270 с.
- 2. *Дубенок Н. Н.* Итоги деятельности отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства россель-хозакадемии за 2011 год // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2012. № 4. С. 16—21.
- 3. *Дубенок Н. Н.*, *Ляшевский В. И*. Состояние и перспективы водообеспечения Республики Крым // Мелиорация и водное хоз-во. 2015. № 3. С. 8–11.
- 4. *Дубенок Н. Н.*, *Сухарев В. И.* Водный баланс агроландшафтов Центрального Черноземья и его регулирование. М.: Колос, 2010. 188 с.
- 5. *Дубенок Н. Н.*, *Иванов А. Л.*, *Свинцов И. П.* Приоритеты научного обеспечения мелиорации // Вестн. PACXH. Москва, 2011. № 1. С. 7—9.
- 6. *Дубенок Н. Н.*, *Якушев В. П.*, *Янко Ю. Г.* Мелиорация земель Ленинградской области: проблемы и инновационные пути их разрешения // Агрофизика. 2013. № 2. С. 2—9.
- 7. Дубенок Н. Н., Кружилин И. П., Ганиев М. А., Абду Н. М. Водосберегающая технология возделывания аэробного риса при капельном орошении // Изв. ТСХА. 2015. № 3. С. 47—56.
- 8. *Дубенок Н. Н.*, *Бородычев В. В.*, *Новиков Н. Н.*, *Коновалова Г. В.* Особенности агротехники зерновой кукурузы на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Плодородие. 2016. № 1. С. 35—38.

- 9. Импортозамещение в АПК России: проблемы и перспективы / отв. за вып. И.Г. Ушачев. М.: Всерос. НИИ экономики сельского хоз-ва, 2015. 447 с.
- 10. *Петрушин А.Ф.*, *Митрофанов Е. П.* Оценка состояния дренажных систем сельскохозяйственного поля с помощью данных дистанционного зондирования // Вестн. российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 4. С. 17–20.
- 11. *Якушев В. П., Усков И. Б., Янко Ю. Г.* Мелиорация Северо-Запада России и ее результаты (на примере Ленинградской области) // Мелиорация и водное хоз-во. 2016. № 3. С. 59—61.
- 12. Янко Ю. Г., Петрушин А. Ф., Митрофанов Е. П. Техническое обследование осущенных мелиорированных земель беспилотными летательными аппаратами // Юбилейный международ. сб. науч. тр. «Технологии и технические средства в мелиорации». Коломна, 2016. С. 178—183.

Remote sensing data in land-reclamation systems and reclaimed land management assessment

N. N. Dubenok¹, Yu. G. Yanko², A. F. Petrushin², R. V. Kalinichenko¹

Russian State Agrarian University —
 Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow 127550, Russia E-mails: ndubenok@mail.ru, kalinichenko_rv@mail.ru
 Agrophysical Research Institute, Saint Petersburg 195220, Russia E-mails: yanko@agrophys.ru, apetrushin@agrophys.ru

Water use in Russia has declined by more than 45 % since 2000 and the paper presents information on the dynamics of the main water use indicators in the country. More frequent droughts in the recent years lead to high crop losses and to a shortage of the main fodder crops. Reclaimed lands can be very productive and their sustainable use could play an important role in the state agricultural production but only with sufficient financial support. Financial resources of Russian Federation could be used to increase the area of both irrigated and drained lands to the level necessary to ensure the food security of the country. The paper provides the data on the operation of drainage ameliorative systems on agricultural lands in the conditions of precipitation repeatedly exceeding the average value. The main parameters and factors affecting the water-air regime of the soils with the expired guarantee for reclamation systems are described. The analysis of the secondary water-logging factors on the reclaimed lands has been conducted. Existing methods of soil survey allow to find out only local faults of old ameliorative systems. More accurate survey of an area where land-reclamation systems failed could be conducted remotely, from images showing the entire land-reclamation system, including the water receiver, transport channels and other hydraulic structures. The paper describes the method of remote drainage amelioration system inspection to support the repair program development for different land reclamation objects.

Keywords: remote sensing, aerial photography, methods, reclamation systems, drainage system, tubular drainage, reclamed land, siltation of drainage, food safety, irrigation systems

Accepted: 08.04.2019 DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-96-104

References

- 1. Gosudarstvenny doklad "O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiiskoi Federatsii v 2015 godu" (State report "On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2015"), Moscow: NIA-Priroda, 2016, 270 p.
- 2. Dubenok N. N., Itogi deyatel'nosti otdeleniya melioratsii, vodnogo i lesnogo khozyaistva rossel'khozakademii za 2011 god (Results of the Department of Land Reclamation, Water and Forestry of the Russian Academy of Agricultural Sciences in 2011), *Ispol'zovanie i okhrana prirodnykh resursov v Rossii*, 2012, No. 4, pp. 16–21.

- 3. Dubenok N. N., Lyashevskiy V. I., Sostoyanie i perspektivy vodoobespecheniya Respubliki Krym (State and prospects of water supply in the Republic of Crimea), *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*, 2015, No. 3, pp. 8–11.
- 4. Dubenok N. N., Sukharev V. I., *Vodnyi balans agrolandshaftov Tsentral'nogo Chernozem'ya i ego regulirovanie* (Water balance of agrolandscapes of the Central Black-Earth and its regulation), Moscow: Kolos, 2010, 188 p.
- 5. Dubenok N. N., Ivanov A. L., Svintsov I. P., Prioritety nauchnogo obespecheniya melioratsii (Priorities of scientific support of melioration), *Vestnik RASKHN*, Moscow, 2011, Vol. 1, pp. 7–9.
- 6. Dubenok N. N., Yakushev V. P., Yanko Yu. G., Melioratsiya zemel' Leningradskoi oblasti: problemy i innovatsionnye puti ikh razresheniya (Land reclamation of the Leningrad region: problems and innovative ways to solve them), *Agrofizika*, 2013, No. 2, pp. 2–9.
- 7. Dubenok N. N., Kruzhilin I. P., Ganiev M. A., Abdu N. M., Vodosberegayushchaya tekhnologiya vozdelyvaniya aerobnogo risa pri kapel'nom oroshenii (Water-saving technology of cultivating aerobic rice with drip irrigation), *Izvestiya TSKHA*, 2015, No. 3, pp. 47–56.
- 8. Dubenok N. N., Borodychev V. V., Novikov N. N., Konovalova G. V., Osobennosti agrotekhniki zernovoi kukuruzy na oroshaemykh zemlyakh Nizhnego Povolzh'ya (Features agro-technology of corn maize on irrigated lands of the Lower Volga region), *Plodorodie*, 2016, No. 1, pp. 35–38
- 9. *Importozameshchenie v APK Rossii: problemy i perspektivy* (Import substitution in the Russian agro-industrial complex: problems and prospects), Moscow: VNIIESKh, 2015, 447 p.
- 10. Petrushin A. F., Mitrofanov E. P., Otsenka sostoyaniya drenazhnykh sistem sel'skokhozyaystvennogo polya s pomoshch'yu dannykh distantsionnogo zondirovaniya (Assessment of the drainage systems of the agricultural field using remote sensing data), *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2017, No. 4, pp. 17–20.
- 11. Yakushev V. P., Uskov I. B., Yanko Yu. G., Melioratsiya Severo-Zapada Rossii i ee rezul'taty (na primere Leningradskoi oblasti) (Melioration of the North-West of Russia and its results (on the example of the Leningrad region)), *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*, 2016, No. 3, pp. 59–61.
- 12. Yanko Yu. G., Petrushin A. F., Mitrofanov E. P., Tekhnicheskoe obsledovanie osushennykh meliorirovannykh zemel' bespilotnymi letatel'nymi apparatami (Technical survey of drained reclaimed lands with unmanned aerial vehicle (drones)), *Yubileinyi mezhdunarodnyi sbornik nauchnykh trudov "Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva v melioratsii*" (Anniversary Intern. Collection of Scientific Papers "Technologies and Technical Means in Land Reclamation"), Kolomna: 2016, pp. 178–183.