

## МЕЛИОРАЦИЯ КАК НЕОБХОДИМОЕ СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

А. И. Иванов<sup>1,2</sup>, Ю. Г. Янко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»  
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем  
продовольственного обеспечения»

196608, Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, д. 7  
E-mail: ivanovai2009@yandex.ru

Поступила в редакцию 12 декабря 2018 г., принята к печати 26 февраля 2019 г.

Длительный отказ от всеобъемлющей государственной поддержки программ развития сельского хозяйства в Нечернозёмной зоне привел к банкротству с.-х. предприятий, утрате 42% сельскохозяйственных угодий и оттоку населения из сельской местности. Положение регионального земледелия постепенно усугубляется из-за зарастания сельскохозяйственных земель древесно-кустарниковой растительностью (ДКР), скрытой деградации почв и снижения их эффективного плодородия, амортизации и утраты работоспособности осушительных систем, повышения рисков погодно-климатических аномалий и т. д. Рост теплообеспеченности региона (в среднем на 0,02°C в год) в целом имеет положительное значение, однако при этом существенно возросли риски погодно-климатических аномалий (засух в отдельные периоды – на 18–87%, переувлажнений в период уборки урожая – на 25%) и значимых потерь урожая. Современное агроуправляемое состояние сельскохозяйственных угодий является неудовлетворительным. Более 54% сельхозугодий подвергается регулярному переувлажнению, не менее 16–20% их площади — вторичному заболачиванию. Доля неиспользуемой пашни по регионам Нечернозёмной зоны в настоящее время составляет от 26 до 72%, зарастанию ДКР подвержено от 42 до 58% площади. По данным мониторинга, лишь 8–17% осушительных систем обеспечивают нормативный режим осушения, а более 80% нуждаются в капитальном ремонте и реконструкции. В результате скрытой деградации содержание гумуса в почве ежегодно снижается на 0,01–0,03%, рНсол. – на 0,02–0,03 ед., подвижных соединений фосфора – на 4–8 мг кг<sup>-1</sup>, калия – на 10–20 мг кг<sup>-1</sup>. Диспергация и миграция коллоидов в верхнем горизонте вызывают разрушение структуры, уплотнение, сокращение диапазона активной влаги, снижение водопропускности структуры в 3,5–4,8 раза и водопроницаемости отдельных горизонтов почвы в 1,3–2,7 раза. Осушительная мелиорация в современных условиях приводит к снижению потерь урожая при уборке в 2,9 раза (с 40 до 14%), повышению хозяйственной продуктивности картофеля на 72%, а рентабельности – на 129%. Орошение овощных культур в острозасушливый период повышает урожайность кочанов капусты на 35,7–67,5 т га<sup>-1</sup> и корнеплодов моркови – на 9,1–26,7 т га<sup>-1</sup>. Секцией мелиорации Ученого совета ФГБНУ АФИ предложен программно-целевой подход к развитию мелиоративного комплекса, предусматривающий комплекс мер по нормативному, научному, кадровому и производственному обеспечению.

**Ключевые слова:** мелиорация, осушительная система, орошение, погодно-климатические условия, деградация, окультуривание почвы, адаптация, эффективность, продуктивность.

## MELIORATION AS AN ESSENTIAL MEANS FOR AGRICULTURE DEVELOPMENT IN NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

A. I. Ivanov<sup>1,2</sup>, Yu. G. Yanko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agrophysical Research Institute

14, Grazhdanskiy pr., St. Petersburg, 195220, Russia;

<sup>2</sup>North-West Center for Interdisciplinary Research in Food Supply Problems

7, Podbelskogo highway, Pushkin, St. Petersburg, 196608, Russia

E-mail: ivanovai2009@yandex.ru

The long-term rejection of comprehensive state support for agriculture development programs in the Non-Chernozem zone of Russia led to the bankruptcy of agricultural enterprises, the loss of 42% of agricultural land and the outflow of population from rural areas. The state of regional farming is gradually aggravated due to overgrowing of agricultural land with trees and shrubs, hidden degradation of soils and reduction of their effective fertility, depreciation and loss of efficiency of drainage systems, increased risks of climatic anomalies, etc. The growth of the region's heat supply (on average by 0.02°C per year) is

generally positive, however, the risks of yield losses and climate anomalies are significantly increasing (droughts in some periods – by 18–87%; waterlogging during the harvest period — by 25%). Modern agromeliorative condition of agricultural land is unsatisfactory. More than 54% of farmland is subjected to regular waterlogging, at least 16–20% of the area – to secondary waterlogging. The share of unused arable land in the regions of the Non-chernozem zone currently ranges from 26 to 72%; from 42 to 58% of the area is subjected to overgrowing with trees and shrubs. According to monitoring data, only 8–17% of drainage systems provide the standard drainage regime, and more than 80% need major repairs and reconstruction. As a result of latent degradation, the humus content in the soils decreases annually by 0.01–0.03%,  $pH_{KCl}$  – by 0.02–0.03 units, mobile compounds of phosphorus – by 4–8 mg kg<sup>-1</sup>, potassium – by 10–20 mg kg<sup>-1</sup>. Dispersion and migration of colloids in the upper horizon cause destruction of the structure, compaction, reduction of the range of active moisture, the structure water resistance by 3.5–4.8 times and water permeability of individual soil horizons by 1.3–2.7 times. Drainage reclamation in modern conditions leads to a decrease in crop losses during harvesting by 2.9 times (from 40 to 14%) and an increase in the economic productivity of potatoes by 72%, and profitability by 129%. Irrigation of vegetable crops during the acute arid period increases the yield of cabbage heads by 35.7–67.5 tons ha<sup>-1</sup> and carrot roots by 9.1–26.7 tons ha<sup>-1</sup>. The Section of Land Reclamation of the Scientific Council of the Agrophysical Research Institute proposed a program-targeted approach to the development of the ameliorative complex, which includes a set of measures for regulatory, scientific, personnel and production support.

**Key words:** reclamation, drainage system, irrigation, weather and climatic conditions, degradation, soil cultivation, adaptation, efficiency, productivity.

## ВВЕДЕНИЕ

Нечерноземная зона России представляет собой крупнейший природно-территориальный комплекс площадью 2,4 млн. км<sup>2</sup> с неприхотливой, преимущественно лесной и болотной растительностью. Его земледельческое освоение на всех этапах было связано со сведением древесно-кустарниковой растительности, регулированием водного режима и повышением эффективного плодородия почвы. Данные приоритеты совместно с социально-экономическими задачами были положены в основу Государственной программы развития Нечерноземной зоны России (1974 г.), ведущая роль в практической реализации которой отводилась проектам комплексной мелиорации. Во многом благодаря её выполнению к началу 90-х гг. в регионе с населением 61 млн. чел. были сосредоточены почти половина площади картофеля, треть площади зерновых культур, практически вся площадь льна-долгунца, а также производились 40% от общего объема молока и яиц и треть от общего объема мяса и сыра.

Отказ от государственной поддержки программ развития сельского хозяйства и их подмена чередой необоснованных реформ в 90-е гг. привели к практически полному разрушению ранее сформированной системы землеустройства и в совокупности с банкротством значительной доли коллективных хозяйств – к выводу из использования и фактической утрате сельскохозяйственных угодий (Иванов и др., 2017). Кроме того, были свернуты программы и системы научного обеспечения сельскохозяйственного производства и его фундаментального звена – мелиоративного комплекса (Архипов и др., 2016). На фоне социальных потрясений новейшего времени, выразившихся в сокращении народонаселения 32-х регионов Нечерноземья на 28% (до 44 млн. чел.), значение данных потерь явно недооценивалось. В результате можно констатировать, что к настоящему времени регион, обладающий 36,8 млн. га

сельскохозяйственных угодий (в т.ч. 25,9 млн. га пашни), реализует их биоклиматический потенциал не более чем на 9–22% от возможного. Быстро стареющее и сокращающееся сельское население, едва превышающее на сегодняшний день 10 млн. чел., не способно поддерживать исторически сложившиеся и созданные предшествующими поколениями агроландшафты.

Положение регионального сельского хозяйства постепенно усугубляет также ряд естественных неблагоприятных факторов: зарастание сельскохозяйственных земель древесно-кустарниковой растительностью (Архипов и др., 2016; Иванов и др., 2017), скрытая деградация почвы и снижение ее эффективного плодородия (Иванов и др., 2016; Шафран, 2016), амортизация осушительных систем (Дубенок, 2013, 2017; Дубенок и др., 2013), повышение рисков погодноклиматических аномалий (Якушев, Иванов, 2011; Усков И. Б., Усков А. О., 2014; Иванов, Конашенков, 2018). Понимание в определенной степени существа указанных проблем привело к разработке ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы». Однако уровень научного обеспечения реализации ее задач, направленных на достижение целевых индикаторов, особенно в Нечерноземной зоне, где ранее был утрачен ряд профильных научно-исследовательских и проектно-технологических институтов, совершенно не соответствует комплексному характеру решаемых проблем.

Исходя из особой важности восстановления мелиоративного комплекса и, прежде всего, его научного обеспечения для успешного решения проблемы продовольственной безопасности страны, руководством ФГБНУ АФИ в 2017 г. было принято решение о создании при Ученом совете института проблемной секции мелиорации. В её состав вошли ведущие ученые сельскохозяйственного профиля и мелиораторы (академики РАН Н. Н. Дубенок, В. П. Якушев, члены-корреспонденты РАН

И. Б. Усков, В. И. Штыков, Д. А. Иванов, А. И. Иванов, доктора с.-х. наук Г. Г. Гулюк, П. А. Суханов, А. В. Лаврищев и др.), специалисты-практики и руководители институтов системы «Мелиоводхоз» (кандидат техн. наук Ю. Г. Янко, кандидат экон. наук А. Э. Решетов, Р. А. Теуважуков, В. А. Царегородцев), а также ряд ведущих молодых учёных АФИ. Руководство секцией возложено на ее председателя А. И. Иванова и заместителя Ю. Г. Янко. Основной целью работы секции является обеспечение высокого научно-методического уровня и координация комплексных (в т.ч. междисциплинарных) фундаментальных и прикладных исследований по проблемам мелиорации сельскохозяйственных земель в Нечернозёмной зоне РФ. Прошедшие в 2018 г. заседания методической секции были посвящены наиболее проблемным аспектам современного агрометеорологического состояния сельскохозяйственных земель. Их краткий анализ представлен в настоящей работе.

### Изменение агроклиматических условий ведения земледелия в регионе

Погодно-климатические условия возделывания сельскохозяйственных культур – один из важнейших факторов, определяющих эффективность земледелия в любом регионе мира (Якушев, Иванов, 2011; Усков И. Б., Усков А. О., 2014). Особенности природно-климатических условий Нечернозёмной зоны России являются избыток влаги и определённая ограниченность тепловых ресурсов, а также исключительно неоднородное их распределение во времени и пространстве. Именно они определяют выбор сельскохозяйственных культур, их раннеспелых и высокопластичных сортов и гибридов (Иванов и др., 2010). Промывной и застойно-промывной водные режимы почвы приводят к

необходимости контролировать водно-воздушные и физико-химические свойства почв, в основном при помощи мелиоративных приёмов.

Общая тенденция к росту теплообеспеченности региона (в среднем на 0,02°C в год) в последней четверти века в целом может оцениваться как положительная и даже желательная. Ретроспективный анализ результатов хозяйственной деятельности в земледельческой отрасли региона показывает, что повышение среднесуточной температуры вегетационного периода на 1°C относительно средней многолетней величины способствует увеличению продуктивности зерновых культур в среднем на 0,4–0,7 т га<sup>-1</sup>, картофеля – на 6–11 т га<sup>-1</sup>, многолетних трав (сено) – на 0,5–0,7 т га<sup>-1</sup>. Биологическая продуктивность практически всех культур, выращиваемых в регионе, является максимальной в годы с наивысшей теплообеспеченностью и некоторым отклонением условий увлажнения в сторону засушливости (Якушев, Иванов, 2011; Иванов и др., 2016). При этом следует учитывать, что высокий уровень засушливости в условиях региона далеко не всегда приводит к положительному хозяйственно-экономическому эффекту. Существенно снизить урожай способен 2–3 недельный период ливневых осадков во время его уборки. Повторяемость таких остро неблагоприятных, по сути аномальных погодно-климатических явлений, как осадки ливневого характера в сочетании со штормовыми ветрами, возросла на четверть (табл. 1). При этом аналогичный показатель для засушливых условий в конце периода вегетации увеличился на 87%. Вероятность нормального увлажнения автоморфной почвы в начале вегетации в условиях региона на сегодняшний день составляет уже менее 10%.

Таблица 1. Повторяемость неблагоприятных явлений в период вегетации по годам (%)

Период времени	май – июнь		июль – август	
	засуха	переувлажнение	засуха	переувлажнение
1940–1979 гг.	20,0	42,5	20,0	30,0
1980–2000 гг.	68,7	21,1	14,3	28,6
2000–2017 гг.	80,5	17,8	26,8	35,8

Достоверно подтверждённый уровень потерь урожая зерновых, картофеля и овощных культур при этом исчисляется десятками процентов (Иванов, Конашенков, 2018). К примеру, в 2016 и 2017 гг. необычно продолжительная волна холода (до 1 мес.) в мае – июне сменилась избыточным выпадением осадков (до 50%) в августе-сентябре. Свообразие волн холода в указанные годы выражалось также в отсутствии ночных выхолаживаний и заморозков и, как следствие, суточного хода температур. Режим теплообеспеченности в пределах 8–12°C в начале вегетации привел к торможению развития культур на 15–25 дней и сместил сроки их уборки на самый неблагоприятный по условиям увлажнения период. С 10 по 25 августа как в 2016 г., так и в 2017 г. выпало от 2-х до 3-х месячных норм осадков. В результате даже в наиболее технологически развитой

Ленинградской области объёмы производства зерна снизились на 18% (26,1 тыс. т), овощей – на 28% (71,2 тыс. т), картофеля – на 41% (132,6 тыс. т) относительно 2015 г.

Дополнительно обостряет ситуацию пространственная неравномерность распределения ресурсов, прежде всего влаги. Так, в 2018 г. основная особенность агроклиматических условий региона заключалась в позднем наступлении тепла, а также выраженном запаздывании сроков посева и начала вегетационного периода (на 7–12 дней). Краткосрочный период нормального увлажнения при этом резко сменился необычно продолжительной поздневесенней-раннелетней засухой. На большей части территории её негативные последствия, выраженные в снижении продуктивности многолетних трав в первом укосе на 27–64%, были

весьма ожидаемыми. Однако на юго-западе Ленинградской и северо-западе Псковской области она продолжалась на 1 месяц дольше обычного – вплоть до середины июля. В результате ещё более тяжелые последствия затронули практически все выращиваемые сельскохозяйственные культуры. Общий недобор урожая по отдельным хозяйствам региона достиг 62–88%. Более всего пострадало овощеводство: например, раннеспелые сорта и гибриды капусты не смогли сформировать урожай, а у средне- и позднеспелых гибридов, с трудом перенесших засуху, нормальное увлажнение вызвало практически стопроцентное растрескивание кочанов и поражение бактериозом.

#### Агромелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий

Неудовлетворительное агромелиоративное состояние используемых в сельском хозяйстве земель – это естественно-историческая особенность Нечерноземья, связанная со спецификой климата, почвообразования, неравномерным распределением ресурсов тепла и влаги во времени и пространстве и т. д. В ходе реализации Государственной программы

развития Нечерноземной зоны России (1974 г.) положение было существенно улучшено. Наиболее заметно это проявилось в пригородных земледельческих районах вокруг крупных городских агломераций, где освоенность и распаханность территорий возросли в 4,5–7 раз, достигнув 54–86 и 38–69% соответственно. На остальной территории данные показатели практически не превышали 5–7 и 3–5% соответственно.

Общее положение дел весьма наглядно иллюстрирует современное агромелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий и пашни в Северо-Западном регионе России (табл. 2). Если краткосрочное малоопасное переувлажнение в регионе вероятно практически на 92% сельскохозяйственных угодий, то длительному переувлажнению может быть подвержено более 54%, а не менее 16–20% их общей площади подвергается вторичному заболачиванию. С учётом динамики выхода из строя осушительных систем можно утверждать, что реальная площадь территорий, подверженных длительному переувлажнению, значительно больше.

Таблица 2. Агромелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий и пашни на Северо-Западе России

Субъекты Российской Федерации	Сельскохозяйственные угодья, тыс. га				Пашня		
	всего	эродированные	переувлажненные	заболоченные	всего, тыс. га	неиспользуемая, %	зарастающая ДКР, %
Северо-Западный ФО	5451	219	2075	888	2987	45	48
Республика Карелия	138	0	9	14	69	53	56
Республика Коми	295	3	88	40	75	38	42
Архангельская область	634	26	166	84	277	72	58
Вологодская область	1097	59	380	107	717	50	55
Калининградская область	729	2	370	31	365	46	51
Ленинградская область	623	26	359	73	360	35	42
Мурманская область	25	0	0,1	0	20	25	28
Новгородская область	702	26	266	109	454	50	57
Псковская область	1186	82	437	430	651	26	46

В условиях кризиса востребованность сельскохозяйственных угодий в аграрном производстве продолжает оставаться низкой (даже с учётом невозможной утраты 42% их площади относительно 1985 г.). По официальным данным, почти половина пахотных угодий Нечернозёмной зоны не используется и в большей части подвергается вторичному зарастанию древесно-кустарниковой растительностью (ДКР). Исследования ФГБНУ СЗЦШПО показали, что в Нечернозёмной зоне, где доминируют контуры пашни площадью 2–10 га, окружённые лесами и болотами, для начала процесса зарастания земель достаточно вывести их в пастбищное угодье без должного ухода на 3–4 года, а уже через 5–7 лет культурная вспашка на них без проведения агромелиоративных мероприятий

становится невозможной. Повсеместно распространённое даже на активно используемых угодьях зарастание от краёв происходит со скоростью 0,5–2 м за 10 лет (Архипов и др., 2016; Иванов, Лапа, 2018).

При сплошном зарастании в возрасте 15–20 лет продуктивность надземной биомассы ДКР варьируется от 75–185 т га<sup>-1</sup> на фоне доминирования ивы до 82–255 и 97–234 т га<sup>-1</sup> на фоне доминирования ольхи серой и берёзы бородавчатой соответственно (табл. 3). На тяжёлых, часто полугидроморфных дерново-подзолистых почвах запас надземной биомассы ДКР к возрасту 5, 10, 15 и 20 лет в среднем в 2,1, 2,8, 1,7 и 1,6 раза выше, чем на легких песчаных и супесчаных. Подобная динамика характерна также для зарастания хвойными породами.

Таблица 3. Запас биомассы ДКР в зависимости от агроэкологических условий и сроков зарастания

Доминирующая порода	Запас надземной биомассы (т га <sup>-1</sup> )							
	легкие почвы				тяжелые почвы			
	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет
Хвойные (сосна, ель)	6	15	56	145	11	27	59	139
Берёза бородавчатая	24	63	97	168	34	122	185	234
Осина обыкновенная	18	36	79	122	38	158	210	227
Ольха серая	19	54	82	134	43	185	207	255
Ива	27	59	75	81	67	147	160	185
НСР <sub>05</sub>	11							

### Изменение физико-химических и агрофизических свойств почв

Окультуривание доминирующих на сельскохозяйственных угодьях почв дерново-подзолистого типа, в т.ч. при помощи мелиоративных средств, является решающим фактором их эффективного и устойчивого использования в производстве (Пестряков, 1977; Ефимов, Иванов, 2001; Архипов и др., 2016; Иванов, Конашенков, 2018). Вынужденный отказ от широкого применения удобрений и мелиорантов ускорил развитие скрытых деградационных процессов, таких как подкисление, дегумификация и утрата запасов доступных для растений соединений питательных веществ. По данным обследования активно используемых пахотных угодий, 64% их площади характеризуется низкой гумусированностью, 46% – повышенной кислотностью, 36% и 12% – низкой и очень низкой обеспеченностью подвижным калием и подвижными фосфатами соответственно (Архипов и др., 2016). Согласно результатам длительных полевых экспериментов, среднегодовые динамические характеристики скрытых деградационных процессов оцениваются в 0,01–0,03% по гумусу, в 0,02–0,03 ед. по рН<sub>сол.</sub> и в 4–8 и 10–20 мг кг<sup>-1</sup> по подвижным соединениям фосфора и калия соответственно (Иванов, Ильющенко, 2000; Ефимов, Иванов, 2001; Иванов и др., 2009; Иванов и др., 2016). В особенно неблагоприятных условиях их скорость может быть существенно выше указанных значений. Так, в интенсивных севооборотах на хорошо- и высококультуренных почвах на фоне орошения

среднегодовые параметры снижения рН<sub>сол.</sub> могут достигать 0,2 ед., содержания подвижного калия – 80 мг кг<sup>-1</sup>.

Утрата пахотным и подпахотными слоями почвы оснований (кальция и магния) ведет к постепенной перестройке и повышению миграционной способности коллоидного комплекса почвы. Переход даже части коллоидов в золеобразное состояние снижает адгезионную способность тончайших органических и органоминеральных плёнок на поверхности механических частиц почвы. В результате на фоне относительно стабильного содержания органического вещества в почве её структурное состояние может заметно ухудшиться. В условиях повсеместно распространённой комплексной деградации ухудшение параметров структуры и агрофизического состояния пахотного слоя почвы становится критическим (табл. 4). Прямыми следствиями этого являются изменение структуры порового пространства, сокращение диапазона активной влаги, снижение водопроницаемости, уплотнение подпахотного горизонта и заполнение коллоидами крупных водопроводящих пор вплоть до глубины 50–70 см. Для перевода такой деградированной почвы в пластично-текучее состояние, которое не позволяет эффективно использовать сельскохозяйственную технику, требуется в среднем в 1,5–1,8 раза меньшее количество осадков. На фоне снижения в 3,5–4,8 раза водопропрочности структуры в пределах пахотного слоя почвы водопроницаемость в её отдельных горизонтах уменьшается в 1,3–2,7 раза.

Таблица 4. Динамика кислотности и физических свойств дерново-подзолистой глееватой почвы в ходе скрытой 30-летней деградации

Вид почвы	Свойства почвы по разновидностям						
	рН <sub>КС1</sub>	м <sub>об.</sub> , г см <sup>-3</sup>	т <sub>уд.</sub> , г см <sup>-3</sup>	V <sub>пор.</sub> , %	НВ, %	K <sub>структ.</sub>	K <sub>водопр.</sub>
	Супесчаная дерново-подзолистая почва						
Хорошоокультуренная	6,24	1,24	2,60	52,0	23,3	1,77	0,85
Среднеокультуренная	4,59	1,37	2,71	49,5	18,5	0,43	0,24
	Среднесуглинистая почва						
Хорошоокультуренная	6,48	1,26	2,32	45,7	36,8	1,82	0,77
Среднеокультуренная	4,92	1,41	2,45	42,5	28,8	0,29	0,16

Изменение агроклиматических условий оказало отрицательное влияние также на водопроницаемость почв. Существенное повышение температуры в зимний период привело к заметному снижению глубины промерзания почвы (в среднем со 100–120 см до 45–70 см) и, как следствие, ограничению криогенного восстановления вертикального

крупнопорового пространства, играющего важнейшую роль в формировании общей водопроницаемости почвенной тощи.

Всё вышеперечисленное, а также последствия выпадения ливневых осадков не могли не оказать негативного влияния на эффективность работы осушительных систем.

### Эффективность мелиоративных систем в современных условиях

Положительная роль мелиорации в преодолении негативных последствий погодно-климатических аномалий не вызывает сомнений. Однако на фоне естественного ухудшения технических характеристик мелиоративных систем, а также свойств почвы необходимо объективное представление об экономической эффективности мероприятий по их ремонту и восстановлению работоспособности.

Результаты ситуационного производственного эксперимента в КХ «Прометей» (2016–2017 гг.), заложенного в поле севооборота с картофелем, часть которого размещалась в пределах закрытой осушительной системы, показали, что возделывание культуры начиная с фазы цветения в пределах закрытой осушительной системы на фоне избыточного увлажнения привело к сокращению прямых потерь урожая при уборке с 40 до 14% (табл. 5). В результате разрыв по фактической хозяйственной урожайности клубней за два года достиг 72% при превосходстве в биологической продуктивности всего в 18%. С учётом различной поражённости клубней возбудителями бактериоза и фитофтороза экономическая эффективность (рентабельность) возделывания культуры в пределах закрытой осушительной системы достигла 129%.

Даже краткосрочная оптимизация водного режима почвы (два умеренных полива) в критически засушливый период активного развития капусты

белокачанной и моркови столовой во время засух 2010 и 2011 гг. позволила повысить урожайность товарной продукции на 39–144% в варианте без применения удобрений и на 46–119% в варианте с точным внесением удобрений (табл. 6). При этом эффективность применения удобрений увеличилась в среднем в 1,6–2,6 раза. Урожайность кочанов капусты повысилась с 27,5 до 44,6 т га<sup>-1</sup>, а корнеплодов моркови столовой – с 9,1 до 24,1 т га<sup>-1</sup>. Математически точное формирование модельного эффективного плодородия почвы позволило снизить его пространственную дифференциацию в 1,5–3,9 раза, а вариабельность урожайности культур на фоне орошения – в 2,7 раза.

Особое внимание должно быть уделено вторично осваиваемым сельскохозяйственным угодьям, для максимальной реализации агресурсного потенциала которых недостаточно простого сведения древесно-кустарниковой растительности. Разрабатываемые для них новые системы воспроизводства почвенного плодородия на основе использования практически неограниченных ресурсов птичьего помёта, сыромолотых известковых пород и продуктов переработки биомассы ДКР позволяют в кратчайшие сроки увеличить продуктивность угодья в 1,3–2 раза, а на фоне измельчаемой и заделываемой в почву древесины – до 3–8 раз (рис. 1). При этом поступление в атмосферу углекислого газа удаётся снизить с 46,2–51,3 до 10,3–35,9 т га<sup>-1</sup> (Иванов, Лапа, 2018).

Таблица 5. Эффективность использования закрытой осушительной системы при возделывании картофеля в КХ «Прометей» (2016–2017 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т га <sup>-1</sup>		Прибавка урож-ти, %	Поражённость клубней фитофторозом и бактериозом
	биологическая	хозяйственная		
Контроль – без осушения	31,2	18,6	–	27
Закрытая осушительная система	36,9	31,9	72	9
НСР <sub>05</sub>	3,85	4,47		2,3

Таблица 6. Зависимость эффективности систем удобрения капусты белокачанной и моркови столовой от орошения

Вариант	Параметры эффективности							
	при орошении				без орошения			
	урож-ть, т га <sup>-1</sup>	прибавка урож-ти, %	окуп-ть, з.ед. кг <sup>-1</sup> NPK	V, %	урож-ть, т га <sup>-1</sup>	прибавка урож-ти, %	окуп-ть, з.ед. кг <sup>-1</sup> NPK	V, %
капуста белокачанная (2010 г.)								
Контроль – 0	60,5	–	–	24	24,8	–	–	35
Зональная СУ (ЗСУ)	105,1	74	11,3	11	37,6	52	4,0	24
Точная СУ	114,3	89	14,5	9	52,3	111	6,6	17
НСР <sub>05</sub>	4,40				2,91			
Морковь столовая (2011 г.)								
Контроль – 0	32,5	–	–	19	23,4	–	–	30
Зональная СУ (ЗСУ)	71,7	121	14,5	14	47,6	103	9,6	17
Точная СУ	85,2	162	22,4	7	58,5	150	15,4	12
НСР <sub>05</sub>	2,43				1,60			

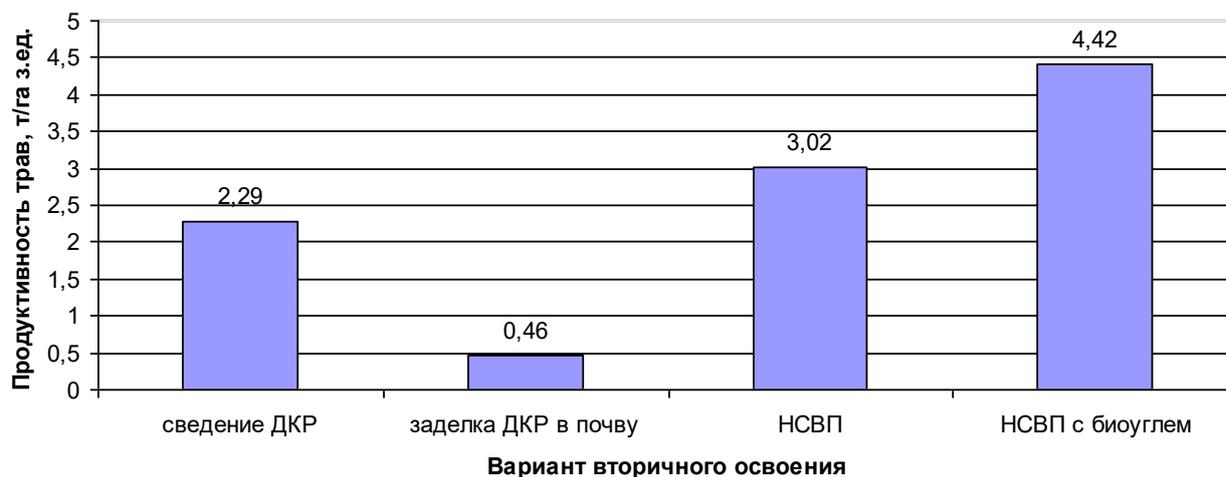


Рис. 1. Агрonomическая эффективность вторичного освоения кормового угодья и новых систем воспроизводства плодородия почвы (НСР<sub>05</sub> 0,15 т га<sup>-1</sup> з.ед.)

### Состояние мелиоративного комплекса в нечерноземье

В Нечернозёмной зоне России сосредоточено более 80% фонда осушаемых земель Российской Федерации, насчитывающего в настоящее время 4,8 млн. га, и до 10% орошаемых угодий. В среднем на каждый гектар осушаемых земель приходится 0,75–0,8 км закрытого гончарного трубчатого или полимерного дренажа и 0,07–0,1 км открытых сетей. Направленный на проектирование, строительство и поддержание их работоспособности хозяйственно-мелиоративный комплекс включал интегрированные в вертикально структурированную систему специализированные научно-исследовательские и проектно-технологические институты, испытательные лаборатории, научно-производственные объединения и передвижные механизированные колонны в каждом административном районе со значительными материально-техническими и кадровыми ресурсами (Дубенок и др., 2013). Штатный состав последних только в Ленинградской области превышал 20 тыс. человек.

Невосполнимые потери, произошедшие за последние 25 лет, коснулись практически всех аспектов деятельности некогда единого специализированного народно-хозяйственного комплекса. Так, например, расформированы НИИ и

опытные станции, в т. ч. СевНИИГИМ, закрыты, акционированы и частично перепрофилированы проектно-технологические НИИ системы ГИПРОВОДХОЗ, реструктурированы государственные предприятия системы МЕЛИОВОДХОЗ. Аналогичная участь постигла и большую часть ПМК, численность и штатный состав которых сократились более чем в 10 раз. Дефицит кадров усугубляется, в т. ч. из-за почти повсеместного закрытия специализированных мелиоративных кафедр и программ подготовки бакалавров и магистров в региональных сельскохозяйственных вузах.

Вполне объективное представление о состоянии мелиоративных систем в Нечернозёмной зоне можно сформировать на примере относительно преуспевающей Ленинградской области, обеспечивающей в настоящее время производство более половины сельскохозяйственной продукции всего Северо-Запада России. В ходе реализации Государственной программы комплексной мелиорации земель в 70–80-е гг. в Ленинградской области были построены осушительные мелиоративные системы на площади свыше 340 тыс. а, что составляет 57% от всех сельскохозяйственных земель региона (табл. 7).

Таблица 7. Распределение мелиорируемых земель по угодьям, тыс. га

Вид угодий	Площадь с.-х. угодий	Мелиорируемые земли		
		всего	осушаемые	орошаемые
Всего	617,5	340,6	328,6	12,0
Пашня	360,9	198,7	189,4	9,3
Сенокосы	113,2	77,4	77,0	0,4
Пастбища	97,4	63,3	61,1	2,2
Многолетние насаждения	42,9	1,2	1,1	0,1

В результате мониторинга, проведенного в 2016 г., установлено, что не более 30% площади мелиорированных земель находится в удовлетворительном техническом состоянии, 5% – в хорошем (рис. 2). Только 8–17% осушительных систем обеспечивают нормативный режим осушения, а более 80% нуждаются в капитальном ремонте и реконструкции. Предельные нормативные сроки эксплуатации данных систем истекли, с связи с чем необходимы срочный ремонт или реконструкция. Переувлажнение и вторичное заболачивание земель, вызванные комплексом описанных выше факторов, а

также постепенной утратой работоспособности осушительных систем, являются одними из основных причин их неполного использования в сельскохозяйственном производстве (Янко, Петрушин, 2018). Выборочная оценка их состояния показала, что средняя степень заиливания дрен составляет 60–87%, не менее 15% дрен утратили работоспособность вследствие локального повреждения (чаще всего – корневыми системами ДКР, а также в результате проседания грунта или полного заиливания), до 80% устьев дрен и закрытых коллекторов нуждается в срочном ремонте.

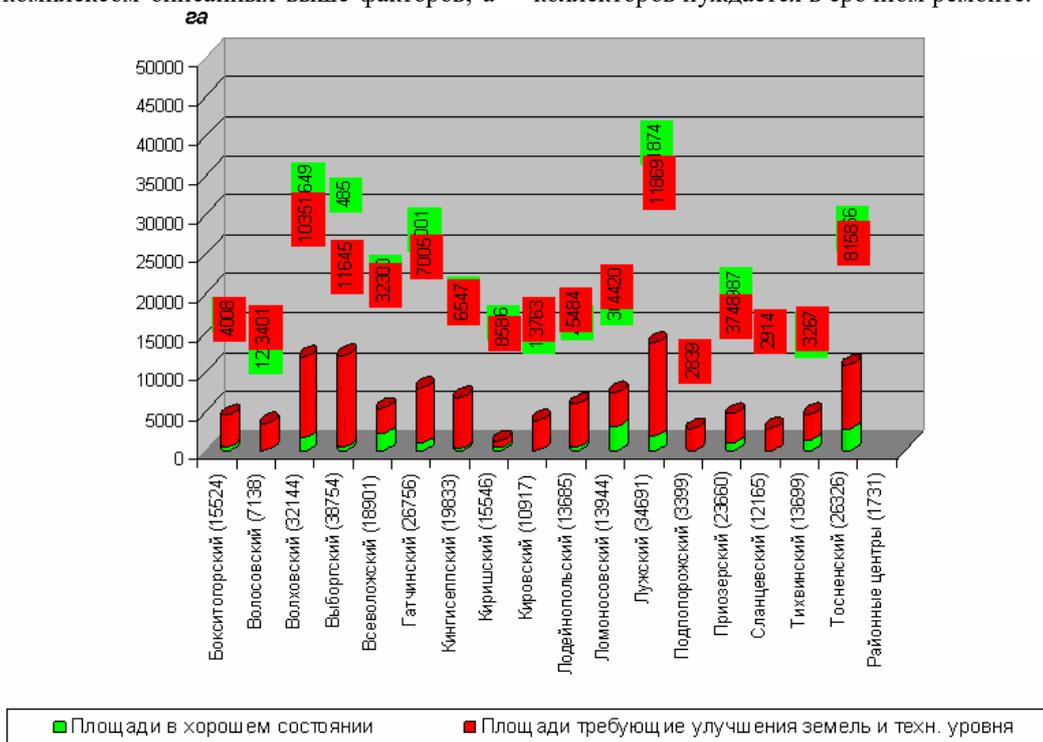


Рис. 2. Техническое состояние мелиоративных систем по муниципальным районам Ленинградской области на 01.01.2016 г.

Тем не менее исследования, проведенные в Агрофизическом НИИ и ряде других учреждений, показали, что, вопреки принятым нормативам, работоспособность таких систем можно эффективно восстанавливать при помощи специальных технических устройств, бесполостного дренажа, организации поверхностного стока и агромелиоративной обработки почвы (Штыков, Гордиенко, 1997; Иванов, Лекомцев, 2013; Штыков и др., 2017; Дубенок и др., 2018).

В 2016–2018 гг. в Ленинградской области в сельскохозяйственном производстве реально использовалось не более 220 тыс. га осушенных земель. Более трети площадей мелиорированных угодий в настоящее время не используется и продолжает зарастать кустарником, а также повторно заболачиваться. Пolderные системы с двусторонним регулированием, расположенные в Лодейнопольском, Волховском, Всеволожском и Лужском районах области, из-за высокой стоимости электроэнергии и неудовлетворительного технического состояния насосных станций практически перестали использоваться в сельскохозяйственном производстве. Дамбы обвалования пolderов на

сельскохозяйственных землях не содержатся в исправном состоянии и разрушаются под влиянием эрозийных процессов, что приводит к затоплению и подтоплению территорий и нарушению экологической обстановки, в том числе в местах проживания людей. В аналогичном состоянии пребывают около 12 тыс. га орошаемых земель Ленинградской области, устроенных в основном как земледельческие поля орошения (ЗПО) в 80-е гг. прошлого столетия.

#### Программно-целевой подход к улучшению состояния мелиорированных земель

Одними из основных задач мелиорации в условиях Нечерноземья являются снижение агроклиматических рисков и потерь урожая при неблагоприятных погодно-климатических явлениях, адаптация ведения сельхозпроизводства к изменениям климата, а также улучшение экологического состояния территории. Тем не менее в 7-ми из 32-х субъектов Нечерноземной зоны не принята и, соответственно, не реализуется «Подпрограмма развития мелиорации сельскохозяйственных земель на 2014–2020 годы». В качестве основных

мероприятий по выполнению программы предусмотрены реконструкция объектов мелиорации, разработка проектов, учитывающих климатические изменения на территориях, применение новых материалов в строительстве дренажа, а также современных технологий удаления и утилизации древесно-кустарниковой растительности, использование очищенных стоков воды с полей, животноводческих ферм и птицефабрик для полива сельскохозяйственных угодий. Ввод в оборот неиспользуемых, ранее осушенных мелиорированных сельскохозяйственных земель после проведения на них культуртехнических работ и реконструкции осушительных систем позволит повысить объемы производства, эффективное плодородие почв, качество продукции и экологическую безопасность земледелия.

При выборе объектов и планировании мелиоративных мероприятий ведущее место принадлежит программно-целевому подходу на основе принципов хозяйственной целесообразности и экологической безопасности. Их реализация невозможна без предварительного комплексного мониторинга не только агромелиоративного состояния объектов, но и трансформации свойств почвы. Так, на вторично заболачиваемых объектах культуртехническая мелиорация не имеет смысла без капитальной реконструкции осушительной системы. Даже если процесс вторичного заболачивания не развивается или имеет локальные проявления, мероприятия по ремонту осушительной системы на современном этапе являются обязательными. В целом при вторичном освоении сельскохозяйственных угодий в условиях ресурсной ограниченности предпочтение следует отдавать объектам с преимущественно автоморфным увлажнением и наиболее плодородными почвами.

В комплексном проектировании данных работ уже в настоящее время важная роль отводится дистанционному зондированию (Иванов, Лекомцев, 2013; Дубенок и др., 2018; Иванов, Лапа, 2018; Янко, Петрушин, 2018). Обследование технического состояния объектов мелиорации дистанционными способами позволяет более достоверно и с меньшими затратами составлять дефектные ведомости на ремонт мелиоративных систем. Агрофизическим научно-исследовательским институтом по заданию комитета по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области разработана методика обследования мелиорированных земель с помощью беспилотных летательных аппаратов. В настоящее время проводится ее проверка в производственных условиях.

В ФГБНУ АФИ также разработан и направлен на обсуждение в Законодательное собрание Ленинградской области проект новых региональных Правил эксплуатации мелиоративных систем. В них детализированы актуальные положения водоохраны и повторного использования сточных вод с полей и ферм с учетом климатических изменений, а также возможностей дистанционного мониторинга эффективности работы мелиоративных систем и компьютерной обработки данных такого

мониторинга. Совокупность требований выработана в соответствии с рекомендациями Международной комиссии по ирригации и дренажу (МКИД), в состав которой в качестве полноправного члена входит Российская Федерация.

В состав секции мелиорации Ученого совета Агрофизического института входит 4 члена Национального комитета России по ирригации и дренажу и 2 члена МКИД, что позволяет организовывать работу секции с учетом современного мирового уровня знаний в области мелиорации сельскохозяйственных земель.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Положение сельского хозяйства в Нечернозёмной зоне России постепенно усугубляется рядом неблагоприятных факторов: зарастанием сельскохозяйственных земель древесно-кустарниковой растительностью, скрытой деградацией почв и снижением их эффективного плодородия, амортизацией осушительных систем, повышением рисков погодно-климатических аномалий и т.д. На основе анализа указанных факторов и результатов выполненных исследований секцией мелиорации Ученого совета ФГБНУ АФИ предлагается:

### **1. В области нормотворчества и проектирования:**

– внести поправки или разработать и принять новую редакцию Федерального Закона ФЗ-4 «О мелиорации земель» для обеспечения: 1) гармонизации прав собственности на землю и мелиоративные системы как объект недвижимости, а также основных его положений с Водным Кодексом, ФЗ-416 «О водоснабжении и водоотведении» и ФЗ-101 «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения»; 2) внедрения экономически эффективных технологий с соблюдением требований в области охраны окружающей среды при мелиорации земель, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений;

– разработать новые технические требования к эффективности работы осушительных систем и СНИПы с учётом погодно-климатических изменений, трансформации свойств почвы, а также применения новых материалов и технологий;

– внести изменения в ВНТП 01-98 «Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы с использованием сточных вод» и СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» в части требований к очистке сточных вод от антибиотиков и других лекарственных препаратов, используемых при кормлении и лечении домашних птиц и животных по новым технологиям, применяемым в производстве;

**2. В области научного обеспечения** рекомендовать НИУ и вузам региона перечень основных актуальных направлений исследований, направленных на разработку и применение:

– новых методов и технических средств многомасштабного мониторинга агрометеорологического состояния сельскохозяйственных угодий для его оценки, эффективного управления земельными ресурсами и проектирования мелиоративных работ;

– новых методов, технологий и средств управления водным стоком на региональном и агроландшафтном уровнях, в т.ч. направленных на восстановление действующих мелиоративных систем;

– новых энерго- и ресурсосберегающих технологий сведения древесно-кустарни-ковой растительности, а также систем и средств восстановления плодородия почв, вводимых в сельскохозяйственный оборот;

– мелиорантов нового поколения, в т. ч. органоминеральной природы, с заданными динамическими характеристиками растворимости в почве, обеспечивающих минимизацию инфильтрационных потерь оснований из почвы;

**3. В области кадрового обеспечения** рекомендовать вузам сельскохозяйственного профиля возобновить подготовку специалистов-мелиораторов,

а также ввести в региональный компонент программы подготовки специалистов по агрономии и дополнительные курсы по мелиорации, мониторингу и управлению агрометеорологическим состоянием сельскохозяйственных угодий, проблемам технического контроля и обслуживания мелиоративных систем;

**4. В области практической адаптации** регионального земледелия к современным условиям рекомендовать сельскохозяйственным товаропроизводителям Нечернозёмной зоны провести анализ функционирования земледелия в условиях погодноклиматических аномалий и разработать адаптивные системы земледелия, ориентированные на снижение агропроизводственных рисков за счёт обоснованного подбора (размещения) культур, сортов и севооборотов, организации поверхностного и внутрпочвенного стока, обеспечения работоспособности осушительных систем, агрометеорологической обработки и окультуривания почвы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архипов М. В., Иванов А. И., Данилова Т. А., Сеницына С. М., Тюкалов Ю. А., Пасынкова Е. Н. Оценка биопотенциала производства продовольствия в Северо-Западном регионе России. СПб. – Пушкин, 2016. 136 с.
- Дубенок Н. Н., Якушев В. П., Янко Ю. Г. Мелиорация земель Ленинградской области: проблемы и инновационные пути их решения // Агрофизика. 2013. № 2(10). С. 2–9.
- Дубенок Н. Н. Мелиорация земель – основа успешного развития агропромышленного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 3. С. 7–9.
- Дубенок Н. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель в Российской Федерации // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 2. С. 27–31.
- Дубенок Н. Н., Янко Ю. Г., Петрушин А. Ф. Перспективы использования данных дистанционного зондирования в оценке состояния мелиоративных систем и эффективности использования мелиорированных земель / Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. С. 26–37.
- Ефимов В. Н., Иванов А. И. Деградация хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв // Доклады РАСХН. 2001. № 6. С. 21–23.
- Иванов А. И., Иванова Ж. А., Конашенков А. А., Филиппов П. А. Особенности методологии полевых исследований на современном этапе // Агрофизика. 2017. № 2. С. 9–19.
- Иванов А. И., Иванова Ж. А., Воробьев В. А., Цыганова Н. А. Агроэкологические последствия длительного использования дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. 2016. № 4. С. 10–17.
- Иванов А. И., Иванов И. А., Воробьев В. А., Лямцева Е. Г. Изменение калийного состояния хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы при применении калий-дефицитной системы удобрения // Агрохимия. 2009. № 4. С. 21–26.
- Иванов А. И., Ильющенков В. В. Фосфатный режим хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв Северо-Запада России и его трансформация в современных условиях // Доклады РАСХН. 2000. № 2. С. 23–25.
- Иванов А. И., Конашенков А. А., Иванова Ж. А., Воробьев В. А., Фесенко М. А., Данилова Т. А., Филиппов П. А. Агротехнические аспекты реализации биоклиматического потенциала Северо-Запада России // Агрофизика. 2016. № 2. С. 35–44.
- Иванов А. И., Конашенков А. А. Снижение зависимости земледелия Северо-Запада России от погодноклиматических аномалий: проблемы и решения // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 5. С. 32–37.
- Иванов А. И., Лекомцев П. В. Методология мониторинга неоднородности состояния мелиорированных земель на основе развития физико-технической базы адаптивно-ландшафтного земледелия. СПб.: Изд. АФИ, 2013. 56 с.
- Иванов И. А., Якушев В. П., Иванов А. И. Основы почвоведения, агрохимии и земледелия. СПб.: Изд. АФИ, 2010. 236 с.

- Пасынков А. В., Иванов А. И., Лекомцев П. В., Пасынкова Е. Н. Биоклиматический и технологический потенциал урожайности зерновых культур в Северо-Западном регионе России / Научное обеспечение развития производства зерна на Северо-Западе России. СПб.: ГНУ СЗРНИЦ, 2014. С. 31–36.
- Пестряков В. К. Окультуривание почв Северо-Запада. Л.: Колос, 1977. 243 с.
- Производство, изучение и применение удобрений на основе птичьего помёта. Под общ. ред. А. И. Иванова, В. В. Лапы. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. 317 с.
- Усков И. Б., Усков А. О. Основы адаптации земледелия к изменениям климата (справочное издание). СПб., 2014. 383 с.
- Усков И. Б., Янко Ю. Г. Физико-агрономические основы научного обеспечения комплексных мелиораций земель // *Агрофизика*. 2016. № 4. С. 58–64.
- Шафран С. А. Динамика плодородия почв Нечернозёмной зоны и резервы // *Агрохимия*. 2016. № 8. С. 3–10.
- Штыков В. И., Гордиенко С. Г. Бесполостной дренаж: гидравлическое обоснование, расчет и эффективность действия. СПб.: ОАО ПП-3, 1997. 224 с.
- Штыков В. И., Янко Ю. Г., Усков И. Б., Николаев М. В. Бесполостной дренаж для перехвата загрязняющих поверхностных стоков в условиях изменяющегося климата / *День Балтийского моря*. СПб., 2017. С. 63–64.
- Янко Ю. Г., Петрушин А. Ф. О некоторых причинах переувлажнения и повторного заболачивания сельскохозяйственных земель в Ленинградской области // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2018. № 4. С. 36–38.
- Якушев В. П., Иванов А. И. Оценка изменений климата и стратегия адаптации к ним земледелия / *Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям*. М.: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2011. С. 58–64.

## REFERENCES

- Arhipov M. V., Ivanov A. I., Danilova T. A., Sinitsyn S. M., Tyukalov Yu. A., Pasyunkova E. N. *Ocenka biopotenciala proizvodstva prodovol'stviya v Severo-Zapadnom regione Rossii*. [Estimation of action potential of food production in the North-West region of Russia]. Saint-Peterburg-Pushkin, 2016. 136 p.
- Dubenok N. N., YAkushev V. P., YAnko YU. G. Melioratsiya zemel' Leningradskoj oblasti: problemy i innovatsionnye puti ikh resheniya. [Land reclamation of the Leningrad region: problems and innovative ways to solve them] // *Agrofizika*, 2013, no. 2(10), pp. 2–9.
- Dubenok N. N. Melioratsiya zemel' – osnova uspeshnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa. [Land reclamation is the basis of successful development of agro-industrial complex] // *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo*, 2013, no. 3, pp. 7–9.
- Dubenok N. N. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya melioratsii zemel' v Rossijskoj federatsii. [State and prospects of land reclamation development in the Russian Federation] // *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo*, 2017, no. 2, pp. 27–31.
- Dubenok N. N., YAnko Yu. G., Petrushin A. F. Perspektivy ispol'zovaniya dannykh distantsionnogo zondirovaniya v otsenke sostoyaniya meliorativnykh sistem i ehffektivnosti ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel'. [Prospects for the use of remote sensing data in assessing the state of reclamation systems and the efficiency of reclaimed land use]. *Primeneniye sredstv distantsionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom khozyajstve*. [The use of remote sensing equipment in agriculture]. Saint-Peterburg: Publishing house of the Agrophysical Research Institute, 2018. 26–37 pp.
- Efimov V. N., Ivanov A. I. Degradatsiya khorosho okul'turenykh dernovo-podzolistykh pochv. [Degradation of well-cultivated sod-podzolic soils] // *Doklady RASKHN*, 2001, no. 6, pp. 21–23.
- Ivanov A. I., Ivanova Zh. A., Konashenkov A. A., Filippov P. A. Osobennosti metodologii polevykh issledovaniy na sovremennom ehtape. [Features of the methodology of field research at the present stage] // *Agrofizika*, 2017, no. 2, pp. 9–19.
- Ivanov A. I., Ivanova Zh. A., Vorob'yov V. A., TSyganova N. A. Agroekologicheskie posledstviya dlitel'nogo ispol'zovaniya defitsitnykh sistem udobreniya na khorosho okul'turenykh dernovo-podzolistykh pochvakh. [Agroecological consequences of long-term use of scarce fertilizer systems on well-cultivated sod-podzolic soils] // *Agrokhimiya*, 2016, no. 4, pp. 10–17.
- Ivanov A. I., Ivanov I. A., Vorob'yov V. A., Lyamtseva E. G. Izmeneniye kaliynogo sostoyaniya khorosho okul'turennoj dernovo-podzolistoj pochvy pri primeneniі kalijdefitsitnoj sistemy udobreniya. [Changes in the potassium state of well-cultivated sod-podzolic soil in the application of potassium-deficient fertilizer system] // *Agrokhimiya*, 2009, no. 4, pp. 21–26.
- Ivanov A. I., Il'yushhenkov V. V. Fosfatnyj rezhim khorosho okul'turenykh dernovo-podzolistykh pochv Severo-Zapada Rossii i ego transformatsiya v sovremennykh usloviyakh. [Phosphate regime of well-cultivated sod-podzolic soils of the North-West of Russia and its transformation in modern conditions] // *Doklady RASKHN*, 2000, no. 2, pp. 23–25.

- Ivanov A. I., Konashenkov A. A., Ivanova Zh. A., Vorob'yov V. A., Fesenko M. A., Danilova T. A., Filippov P. A. Agrotekhnicheskie aspekty realizatsii bioklimaticheskogo potentsiala Severo-Zapada Rossii. [Agronomic aspects of the implementation of bioclimatic potential of the North-West of Russia] // *Agrofizika*, 2016, no. 2, pp. 35–44.
- Ivanov A. I., Konashenkov A. A. Snizhenie zavisimosti zemledeliya Severo-Zapada Rossii ot pogodno-klimaticheskikh anomalij: problemy i resheniya. [Reducing dependence of agriculture in the North-West of Russia on weather and climatic anomalies: problems and solutions] // *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo*, 2018, no. 5, pp. 32–37.
- Ivanov A. I., Lekomtsev P. V. *Metodologiya monitoringa neodnorodnosti sostoyaniya meliorirovannykh zemel' na osnove razvitiya fiziko-tekhnicheskoj bazy adaptivno-landshaftnogo zemledeliya*. [Methodology of monitoring the heterogeneity of reclaimed land on the basis of the development of physical and technical base of adaptive landscape agriculture]. Saint-Peterburg: Publishing house of the Agrophysical Research Institute, 2013. 56 p.
- Ivanov I. A., Yakushev V. P., Ivanov A. I. *Osnovy pochvovedeniya, agrokhimii i zemledeliya*. [Basics of soil science, Agrochemistry and agriculture]. Saint-Peterburg: Publishing house of the Agrophysical Research Institute, 2010. 236 p.
- Pasynkov A. V., Ivanov A. I., Lekomtsev P. V., Pasynkova E. N. Bioklimaticheskij i tekhnologicheskij potentsial urozhnosti zernovykh kul'tur v Severo-Zapadnom regione Rossii. [Bioclimatic and technological potential of grain yield in the North-Western region of Russia]. *Nauchnoe obespechenie razvitiya proizvodstva zerna na Severo-Zapade Rossii*. Saint-Peterburg: GNU SZRNTS, 2014, pp. 31–36.
- Pestryakov V. K. *Okul'turivanie pochv Severo-Zapada*. [Cultivation of soils of the North-West]. Leningrad: Kolos, 1977, 243 p.
- Proizvodstvo, izuchenie i primenenie udobrenij na osnove ptich'ego pomyota*. [Manufacturing, investigation and application of fertilizers based on the chicken manure]. Pod obshh. red. A. I. Ivanova, V. V. Lapy. Saint-Peterburg: Publishing house of the Agrophysical Research Institute, 2018. 317 p.
- Uskov I. B., Uskov A. O. *Osnovy adaptatsii zemledeliya k izmeneniyam klimata (spravochnoe izdanie)*. [Fundamentals of adaptation of agriculture to climate change (reference)]. S-Pb., 2014, 383 p.
- Uskov I. B., YAnko Yu. G. Fiziko-agronomicheskie osnovy nauchnogo obespecheniya kompleksnykh melioratsij zemel'. [Physico-agronomic basis of scientific support for the integrated reclamation of land] // *Agrofizika*, 2016, no. 4, pp. 58–64.
- Shafran S. A. Dinamika plodorodiya pochv Nechernozomnoj zony i rezervy. [Dynamics of soil fertility in non-Chernozem zone and reserves] // *Agrokhimiya*, 2016, no. 8, pp. 3–10.
- Shtykov V. I., Gordienko S. G. *Bespolostnoj drenazh: gidravlicheskoje obosnovanie, raschet i ehffektivnost' dejstviya*. [Bespaltatnoe drainage: hydraulic studies, calculation and efficiency]. Saint-Peterburg: OAO PP-Z, 1997. 224 p.
- Shtykov V. I., Yanko Yu. G., Uskov I. B., Nikolaev M. V. Bespolostnoj drenazh dlya perekhvata zagryaznyayushhikh poverkhnostnykh stokov v usloviyakh izmenyayushhegosya klimata. [Hollow drainage to intercept polluting surface runoff in a changing climate]. *Den' Baltijskogo morya*. Saint-Peterburg, 2017, pp. 63–64.
- YAnko Yu. G., Petrushin A. F. O nekotorykh prichinakh pereuvlazhneniya i povtornogo zabolachivaniya sel'skokhozyajstvennykh zemel' v Leningradskoj oblasti. [About some reasons of waterlogging and re-waterlogging of agricultural lands in the Leningrad region] // *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo*, 2018, no. 4, pp. 36–38.
- Yakushev V. P., Ivanov A. I. Otsenka izmenenij klimata i strategiya adaptatsii k nim zemledeliya. [Climate change assessment and adaptation strategy for agriculture]. *Adaptatsiya sel'skogo khozyajstva Rossii k menyayushhimsya pogodno-klimaticheskim usloviyam*. [Adaptation of Russian agriculture to changing weather and climate conditions]. Moscow: Publisher RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazeva, 2011, pp. 58–64.