



30 лет назад произошло событие, оказавшее серьезное влияние на развитие сельского хозяйства Российской Федерации, возрождение крестьянского фермерского уклада.

23 января 1990 года была создана Ассоциация крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов России (АККОР).

В состав АККОР сегодня входит 69 региональных и более 600 районных организаций, объединяющих более 93 тысяч крестьянских (фермерских) хозяйств и 1500 сельскохозяйственных кооперативов. Ассоциация является самой представительной среди объединений крестьян, малых сельскохозяйственных предприятий и кооперативов, единственной общероссийской организацией фермеров.

АККОР является полноправной участницей Всемирной фермерской организации (ВФО). В 2018 году Генеральная ассамблея ВФО проходила в Москве, в ней приняли участие более 600 человек из 55 стран. Это стало особым знаком признания высокого статуса АККОР среди ведущих фермерских организаций мира.

Смысл всей работы Ассоциации заключается в последовательной защите интересов фермеров, малого агробизнеса.

Сегодня отстроена и развивается система сотрудничества АККОР с государственными органами власти, Министерством сельского хозяйства РФ, Государственной Думой, Советом Федерации, АО «Россельхозбанк» и АО «Росагролизинг». Вместе мы находим конструктивные решения проблем, мешающих развитию фермерских хозяйств.

За прошедшие годы фермеры делом доказали преимущество своего уклада по всем направлениям хозяйственной и социальной жизни:

- Сегодня фермерский сектор дает около 30% всего российского зерна и 33% — подсолнечника;
- За последние 12 лет посевные площади ежегодно увеличивались почти на 850 тысяч га. В 2019 году они составили 24 269,9 тыс. га или 30,4% от всей площади посевов;
- поголовье коров растет только в фермерских хозяйствах;
- поголовье овец и коз фермерских хозяйств уже в 2 раза больше, чем в других сельскохозяйственных организациях.

Фермеры поддерживают жизнь на селе: ремонтируют и чистят дороги, оказывают помощь сельским школам, строят здания, возрождают храмы и даже создают сельские музеи.

В большинстве случаев у фермеров крепкие многолетние семьи. Таков фермерский вклад в решение демографической проблемы.

Золотой фонд АККОР это яркие, волевые, инициативные люди — лидеры фермерского самоуправления. За последние 10 лет более 12 тысяч фермеров были избраны депутатами различных уровней, главами сельских и районных администраций.

В приветствии XXX съезду АККОР Президент РФ В.В. Путин подчеркнул: **«Год от года фермерство укрепляет свою роль в реализации потенциала отечественного агропромышленного комплекса, повышении качества жизни на селе, напрямую влияет на развитие регионов и национальной экономики в целом. Сохраняя и приумножая лучшие традиции российского крестьянства, проявляя рачительность, предприимчивость и инициативу, фермеры трудятся во всех сферах АПК, активно внедряют передовые технологии, расширяют площади сельхозугодий, увеличивают объёмы продовольствия, выпускают продукцию, отвечающую современным мировым стандартам.»**

**С удовлетворением отмечу, что столь впечатляющие результаты были достигнуты во многом благодаря грамотной и конструктивной деятельности АККОР, которая неизменно направляет свои усилия на консолидацию аграриев вокруг единых целей и задач, отстаивание их интересов.»**

Впереди у нас большая работа. Будем ее вести настойчиво и последовательно, укреплять нашу организацию, повышать ее действенность и эффективность. Ведь в сильных крестьянских руках — судьба деревни, судьба российской пашни и во многом — судьба нашей страны!

**Президент АККОР,  
депутат Государственной Думы**

**В.Н. Плотников**





Международный  
сельскохозяйственный журнал  
Издаётся с 1957 года

ДВУХМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ О ДОСТИЖЕНИЯХ  
МИРОВОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

BIMONTHLY SCIENTIFIC-PRODUCTION JOURNAL ON ADVANCES  
OF WORLD SCIENCE AND PRACTICES IN THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX



Журналу присвоены  
международные стандартные  
серийные номера ISSN:  
2587-6740 (print),  
2588-0209 (on-line, eng)



«Международный сельско-  
хозяйственный журнал» включен  
в перечень ВАК рецензируемых  
научных изданий, в которых должны  
быть опубликованы основные  
научные результаты диссертаций  
на соискание ученых степеней  
кандидата и доктора наук (ВАК-2019)



Публикации в журнале  
направляются в базу данных  
Международной информационной  
системы по сельскохозяйственной  
науке и технологиям AGRIS ФАО ООН

Журнал включен в список  
лучших российских журналов  
на платформе Web of Science



Публикации размещаются  
в системе Российского индекса  
научного цитирования (РИНЦ)



Подписка на журнал по  
каталогу «Роспечать» во всех  
отделениях «Почта России».  
Подписной индекс  
на полгода (3 номера) 70533,  
на год (6 номеров) 80367

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
А.А. Фомин

Научно-методическое обеспечение раздела  
«Земельные отношения и землеустройство»  
ФГБОУ ВО ГУЗ

Заместитель главного редактора Т. Казёнова  
Редактор выпуска Г. Якушкина  
Ответственный секретарь И. Мамонтова  
Дизайн и верстка И. Котова  
Реклама М. Фомина  
Издательство: Е. Михайлина, Е. Удалова  
e-science@list.ru

Учредитель: АНО «МСХЖ»  
Издатель: ООО «Электронная наука»

Свидетельство о регистрации средства массовой  
информации ПИ № ФС77-49235 от 04.04.2012 г.

Свидетельство Московской регистрационной  
Палаты № 002.043.018 от 04.05.2001 г.

Редакция: 105064, Москва, ул. Казакова, 10/2  
тел.: (985) 983-41-64; e-mail: info@mshj.ru;  
www.mshj.ru

Подписано в печать 05.02.2020 г. Тираж 12500  
Цена договорная

© Международный сельскохозяйственный журнал

EDITOR  
A.A. Fomin

Scientific and methodological support section  
«Land relations and land management»  
State University of Land Management

Deputy editor T. Kazennova  
Editor G. Yakushkina  
Executive secretary I. Mamontova  
Design and layout I. Kotova  
Advertising M. Fomina  
Publishing: E. Mikhaylina, E. Udalova  
e-science@list.ru

Founder: ANO «MSHJ»  
Publisher: ООО «E-science»

Certificate of registration media  
PI № FS77-49235 of 04.04.2012

Certificate of Moscow registration Chamber  
№ 002.043.018 of 04.05.2001

Editorial office: 105064, Moscow, Kazakova str., 10/2  
tel: (985) 983-41-64; e-mail: info@mshj.ru;  
www.mshj.ru

Signed in print 05.02.2020. Edition 12500  
The price is negotiable

© International agricultural journal

**Награды  
«Международного  
сельскохозяйственного  
журнала»:**

**Неоднократно вручались  
медали и дипломы  
Российской агропромышленной  
выставки «Золотая осень»**



**За вклад в развитие  
аграрной науки вручена  
общероссийская награда  
«За изобилие  
и процветание России»**



**Лауреат национальной  
премии имени П.А. Столыпина  
«Аграрная элита России»**



## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ / EDITORIAL BOARD

- ВОЛКОВ С.Н.**, председатель редакционного совета, ректор Государственного университета по землеустройству, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Россия, Москва.  
*VOLKOV SERGEY, Chairman of the editorial Council, rector of State university of land use planning, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor, honored scientist of the Russian Federation. Russia, Moscow*
- Вершинин В.В.**, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Vershinin Valentin, Dr. Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow*
- Гордеев А.В.**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Gordeyev Alexey, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow*
- Долгушкин Н.К.**, главный ученый секретарь Президиума РАН, академик РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Dolgushkin Nikolai, chapters. academic Secretary of the Presidium of Russian Academy of Sciences, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow*
- Баутин В.М.**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Bautin Vladimir, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow*
- Белобров В.П.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Россия, Москва.  
*Belobrov Viktor, Dr. of agricultural Science, Prof. Russia, Moscow*
- Буздалов И.Н.**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Buzdalov Ivan, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow*
- Бунин М.С.**, директор ЦНСХБ, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Россия, Москва.  
*Bunin Mikhail, Director cnsb, Dr. Ekon. Sciences, Professor, honoured. science worker of the Russian Federation. Russia, Moscow*
- Завалин А.А.**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». Россия, Москва.  
*Zavalin Alexey, Acad. RAS, Dr. of agricultural Science, Professor. Russia, Moscow*
- Замотаев И.В.**, доктор географических наук, профессор, Институт географии РАН. Россия, Москва.  
*Zamotaev Igor, Dr. Georg. Sciences, Professor, Institute of geography RAS. Russia, Moscow*
- Иванов А.И.**, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт». Россия, Санкт-Петербург.  
*Ivanov Alexey, corresponding member cor. RAS, Dr. of agricultural Sciences, Professor. Russia, Saint-Petersburg*
- Коровкин В.П.**, доктор экономических наук, профессор, основатель журнала. Россия, Москва.  
*Korovkin Viktor, Dr. Ekon. Sciences, prof, founder of the magazine*
- Коробейников М.А.**, вице-президент Международного союза экономистов, член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Korobeynikov Mikhail, Vice-PR. International Union of economists, member.-cor. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow*
- Никитин С.Н.**, заместитель директора ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ», доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Россия, Ульяновск.  
*Nikitin Sergey, Dr. of agricultural science, Professor. Russia, Ulyanovsk*
- Романенко Г.А.**, член президиума РАН, академик РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Romanenko Gennady, member of the Presidium of the Russian Academy of Sciences, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow*
- Петриков А.В.**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Petrikov Alexander, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Moscow*
- Ушачев И.Г.**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Россия, Москва.  
*Ushachev Ivan, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor, honored scientist of the Russian Federation. Russia, Moscow*
- Савин И.Ю.**, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе Почвенного института им. В.Докучаева РАН. Россия, Москва.  
*Savin Igor, corresponding member cor. RAS, Dr. of agricultural Sciences. Russia, Moscow*
- Сидоренко В.В.**, доктор экономических наук, профессор. Кубанского государственного аграрного университета, заслуженный экономист Кубани. Россия, Краснодар.  
*Sidorenko Vladimir, Dr. Econ. Sciences, Professor. Russia, Krasnodar*
- Серова Е.В.**, доктор экономических наук, профессор, директор по аграрной политике НИУ ВШЭ. Россия, Москва.  
*Serova Eugenia, Dr. Ekon. Sciences, prof., Director of agricultural policy NRU HSE. Russia, Moscow*
- Узун В.Я.**, доктор экономических наук, профессор. РАНХиГС. Россия, Москва.  
*Uzun Vasily, Dr. Ekon. Sciences, Professor of Ranepa. Russia, Moscow*
- Шагайда Н.И.**, доктор экономических наук, профессор, директор Центра агропродовольственной политики Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ. Россия, Москва.  
*Shagaida Nataliya, Dr. Ekon. Sciences, prof., Director of the Center of agricultural and food policy Russian academy of national economy and public administration. Russia, Moscow*
- Широкова В.А.**, доктор географических наук, заведующий отделом истории наук о Земле Института истории науки и техники имени С.И. Вавилова РАН, профессор кафедры почвоведения, экологии и природопользования Государственного университета по землеустройству. Россия, Москва.  
*Shirokova Vera, Dr. Georg. Sciences, Professor of Department of soil science, ecology and environmental Sciences State university of land use planning. Russia, Moscow*
- Хлыстун В.Н.**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Москва.  
*Khlystun Viktor, member of the Academy. RAS, Dr. of Econ. PhD, Professor. Russia, Moscow*
- Закшевский В.Г.**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор. Россия, Воронеж.  
*Zakshevsky Vasily, Acad. RAS, Dr. of Econ. Sciences, Professor. Russia, Voronezh*
- Чекмарев П.А.**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, полномочный представитель Чувашской Республики при Президенте Российской Федерации.  
*Chekmarev P. A., Acad. RAS, doctor of agricultural Sciences, Plenipotentiary representative of the Chuvash Republic to the President of the Russian Federation*
- Саблук П.Т.**, директор Института аграрной экономики УАН, академик УАН, доктор экономических наук, профессор. Украина, Киев.  
*Sabluk Petro, Director of the Institute of agricultural Economics UAN, UAN academician, Dr. Econ. Sciences, Professor. Ukraine, Kiev*
- Гусаков В.Г.**, вице-президент БАН, академик БАН, доктор экономических наук, профессор. Белоруссия, Минск.  
*Gusakov Vladimir, Vice-President of the BAN, Acad. The BAN, Dr. Ekon. Sciences, Professor. Belarus, Minsk*
- Пармакли Д.М.**, профессор, доктор экономических наук. Республика Молдова, Кишинев.  
*Permalii Dmitry, Dr. Ekon. Sciences. The Republic Of Moldova, Chisinau*
- Ревишвили Т.О.**, академик АСХН Грузии, доктор технических наук, директор Института чая, субтропических культур и чайной промышленности Грузинского аграрного университета г. Озургети, Грузия.  
*Revishvili Temur, Acad. of the Academy of agricultural sciences of Georgia, Dr. Techn. Sciences, director of the Institute of tea, subtropical crops and tea industry of Agricultural university of c. Ozurgeti, Georgia*
- Сегре Андреа**, декан, профессор кафедры международной и сравнительной аграрной политики на факультете сельского хозяйства в университете. Италия, Болонья.  
*Segre Andrea, Dean, Professor of the chair of international and comparative agricultural policy at the faculty of agriculture at the University. Italy, Bologna*
- Чабо Чаки**, профессор, заведующий кафедрой и декан экономического факультета Университета Корвинуса. Венгрия, Будапешт.  
*Chabo Chuckie, Professor, head of Department and Dean of the faculty of Economics of Corvinus. Hungary, Budapest*
- Холгер Магел**, почетный профессор. Технического Университета Мюнхена, почетный президент Международной федерации геодезистов, президент Баварской Академии развития сельских территорий. ФРГ, Мюнхен.  
*Holger Magel, honorary Professor of the Technical University of Munich, honorary President of the International Federation of surveyors, President of the Bavarian Academy of rural development. Germany, Munich*

## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS



### ЗЕМЕЛЬНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО LAND RELATIONS AND LAND MANAGEMENT

**Волков С.Н., Фомин А.А.** Совершенствование организационно-правового регулирования землеустройства в Российской Федерации  
**Volkov S.N., Fomin A.A.** Improving organizational and legal regulation land management in the Russian Federation 5

**Шапвалов Д.А., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Куляница А.Л., Рухович Д.И.** ASF-index — карта устойчивой внутривидовой неоднородности плодородия почвенного покрова, построенная на основе больших спутниковых данных для задач точного земледелия  
**Shapovalov D.A., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Vilchevskaya E.V., Kulyanitsa A.L., Ruhovich D.I.** ASF-index — a map of stable intra-field heterogeneity of soil cover fertility, based on big satellite data for precision agriculture tasks 9

**Жданова Р.В., Долгопятов Д.И.** Экономическая эффективность управления земельными ресурсами на основе кадастровой информации  
**Zhdanova R.V., Dolgopyatov D.I.** Economic efficiency of land management based on cadastral information 16

**Лавреникова О.А., Бочкарев Е.А., Зудилин С.Н.** Агрорландшафтный подход к организации территории севооборотов с использованием ГИС-технологий  
**Lavrennikova O.A., Bochkarev E.A., Zudilin S.N.** Agrolandscape approach to the organization of the territory of crop rotation using GIS technologies 20

**Орлов П.М., Аканова Н.И.** Результаты радиационного мониторинга почв на реперных участках сельскохозяйственных угодий Российской Федерации  
**Orlov P.M., Akanova N.I.** Results of radiation monitoring of soils on the repper sesites of agricultural land of the Russian Federation 27



### ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ АПК STATE REGULATION AND REGIONAL DEVELOPMENT APK

**Воробьева Е.С., Воробьев О.В., Ковалева А.Е.** Развитие сельского хозяйства и меры поддержки сельхозтоваропроизводителей в регионах ЦФО  
**Vorobeva E.S., Vorobev O.V., Kovaleva A.E.** Development of agriculture and measures to support agricultural producers in the Central Federal District 33



### АГРАРНАЯ РЕФОРМА И ФОРМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ AGRARIAN REFORM AND FORMS OF MANAGING

**Петухова М.С.** Методические основы стратегического планирования в отрасли растениеводства  
**Petukhova M.S.** Methodological bases of strategic planning in the plant industry 37

**Бондина Н.Н., Бондин И.А.** Анализ и оценка состояния дебиторской и кредиторской задолженности в сельскохозяйственных организациях  
**Bondina N.N., Bondin I.A.** Analysis and assessment of the status of accounts and accounts payable in agricultural organizations 40

**Макарова О.В., Гаспарян С.В., Цацина М.Н.** Повышение экономической эффективности сельскохозяйственного производства пенитенциарной системы  
**Makarova O.V., Gasparyan S.V., Cacina M.N.** Economic efficiency of agricultural production of the penitentiary system 43

**Зюкин Д.А.** Модель экономического и государственного регулирования развития инфраструктуры зернового рынка  
**Zyukin D.A.** Model of economic and state regulation of grain market infrastructure development 47

**Пармакли Д.М.** Операционный левеидж как показатель типа воспроизводства в сельском хозяйстве  
**Parmacli D.M.** Operating leverage as a metric of reproduction type in agriculture 51



### НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ SCIENTIFIC SUPPORT AND MANAGEMENT OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX

**Вершинин В.В., Галаганова Л.А.** Краткий анализ динамики содержания микроэлементов и тяжелых металлов в почвах Липецкой области  
**Vershinin V.V., Galaganova L.A.** Short analysis of the dynamics of the content of trace elements and heavy metals in the soils of the Lipetsk region 55

**Германова С.Е., Дремова Т.В., Самброс Н.Б., Петровская П.А.** Управление и оценка рисков загрязнения почвы нефтепродуктами в АПК  
**Germanova S.E., Dremova T.V., Sambros N.B., Petrovskaya P.A.** Management and assessment of risks of soil contamination by petroleum products in agro-industry 59

**Григулецкий В.Г.** О полегании злаковых растений и методиках оценки устойчивости их стеблей  
**Griguletsky V.G.** About deposit of cereal plants and methods assessment of the stability of their stems 62

**Николаева Н.А., Борисова П.П., Алексеева Н.М., Чугунов А.В., Попова А.В.** Применение кормовых добавок в рационах и комбикормах крупного рогатого скота в Якутии  
**Nikolaeva N.A., Borisova P.P., Alekseeva N.M., Chugunov A.V., Popova A.V.** Application of feed additives in rations and compound feeds of cattle in Yakutia 68

**Кодочилова Н.А., Иваненкова А.О., Гейгер Е.Ю., Семенов В.В., Петров Б.И., Лазарев Н.М.** Использование растворов борной кислоты в моноэтаноламине, глицерине и этиленгликоле в качестве борсодержащих микроудобрений. Влияние некорневой обработки на урожайность и химический состав клевера лугового  
**Kodochilova N.A., Ivanenкова A.O., Geiger E.Yu., Semenov V.V., Petrov B.I., Lazarev N.M.** The use of boric acid solutions in monoethanolamine, glycerol and ethylene glycol as boron-containing microfertilizers. The effect of foliar treatment on yield and chemical composition of meadow clover 72

**Максимова Х.И., Николаева В.С., Буслаева В.И.** Приемы ресурсосберегающей технологии возделывания кормовых культур в условиях Якутии  
**Maksimova Kh.I., Nikolaeva V.S., Buslaeva V.I.** Resource-saving cultivation techniques of forage crops under Republic Sakha (Yakutia) conditions 76

**Воронов С.И., Плескачев Ю.Н., Ильяшенко П.В.** Конвергентный подход к управлению урожаем озимой пшеницы  
**Voronov S.I., Pleskachev Yu.N., Ilyashenko P.V.** A convergent approach to the management of the winter wheat crop 79

**Гукалов В.В., Баршадская С.И., Сорокин А.Е., Савич В.И., Суккар Лама.** Изменение эффективности применения минеральных удобрений на черноземах и дерново-подзолистых почвах при неоправданном увеличении их доз  
**Gukalov V.V., Barshadskaya S.I., Sorokin A.E., Savich V.I., Sukkar Lama.** Change of mineral fertilizer application efficiency on the black soils and soddy podzolic soils under their unsupported rate increase 83



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.Н. Волков, А.А. Фомин

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», г. Москва, Россия

Развитие эффективного землепользования возможно только при совершенствовании системы законодательного обеспечения землеустроительных мероприятий. Требуется серьезное изменение одного из важнейших федеральных законов «О землеустройстве». Необходимо законодательно оформить разработку в составе проектов внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных регламентов использования земли, меры по охране земель от процессов деградации и по воспроизводству плодородия почв, повышению эффективности использования земли. Завершить формирование земельной собственности в АПК страны и законодательно обеспечить эти процессы на федеральном, региональном и местном уровнях. Активное участие в этой работе могут принять ученые и специалисты Государственного университета по землеустройству, Национального союза землеустроителей и других профессиональных объединений в области землеустроительной деятельности. Министерством сельского хозяйства РФ разработан проект Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса. Согласно проекту Госпрограммы, за 10 лет предполагается утвердить схемы землеустройства 44 млн га сельхозземель муниципальных образований: провести межевание земель, которые находятся в общедолевой собственности, выявить невостребованные участки, поставить участки на кадастровый учет и др. В соответствии с поручениями Президента Российской Федерации В.В. Путина и Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 мая 2019 г. № 696 была разработана и утверждена Государственная программа Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий». Период реализации госпрограммы 2020-2025 гг.

**Ключевые слова:** Госпрограмма, землеустройство, землепользование, правовое регулирование, планирование использования земель, внутрихозяйственное землеустройство, оборот сельхозземель, кадастр, Национальный союз землеустроителей.

В сфере законодательного регулирования земельных отношений в Российской Федерации в настоящее время находится 383,7 млн га земель сельскохозяйственного назначения, включающих 59 млн земельных участков и почти 40 млн земельных собственников, землевладельцев и землепользователей. Только действия с земельными участками определяют 648 нормативных правовых актов. Законодательство находится в движении, постоянно совершенствуется и развивается. Достаточно сказать, что корректировки в Земельный кодекс РФ с 2001 по 2017 гг. были внесены 104 раза.

Дальнейшее развитие эффективного землепользования невозможно без осуществления системы законодательного обеспечения землеустроительных мероприятий. Обязательное условие для наведения порядка в использовании земель является совершенствование законодательства о землеустройстве. Учитывая нынешнее состояние Закона «О землеустройстве» и объем изменений, которые потребуются в него внести, необходимо принимать его в новой редакции, с отражением в ней особенностей проведения землеустройства на землях сельскохозяйственного назначения. Причем с участием в ее подготовке ученых и специалистов Государственного университета по землеустройству, Национального союза землеустроителей и других профессиональных объединений в области землеустроительной деятельности.

Также представляется целесообразным реализовать следующие меры:

1. Осуществлять функцию планирования использования земель на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, как это де-

лается в странах Европейского союза, США и Китае. Характерным при этом является образная идеология Китая, которая говорит, что земельная политика в сельском хозяйстве должна включать решение трех проблем: *села, сельской территории и крестьянина*, базироваться на трех столпах (плане землеустройства, плане социально-экономического развития и плане охраны природы) и пяти лучах (земля, инвестиции, труд, экология, социальная сфера).

Следует отметить, что Градостроительный кодекс предполагает разработку схем территориального планирования Российской Федерации в различных областях, за исключением агропромышленного производства. Должны быть разработаны схемы размещения и развития агропромышленного производства.

2. Законодательно оформить разработку в составе проектов внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных регламентов использования земли, меры по охране земель от процессов деградации и по воспроизводству плодородия почв, повышению эффективности использования земли. Надо рекомендовать регионам Российской Федерации, по примеру Белгородской области, восстановить проектно-сметное земельное дело и, после проведения работ по вовлечению в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель, разработать комплексные проекты внутрихозяйственного землеустройства и системы адаптивно-ландшафтного земледелия.

Белгородской области это дало возможность получить за счет эффективного использования почвенного плодородия до 30% дополнительной продукции практически без увеличения затрат.

3. Завершить формирование земельной собственности в АПК страны и законодательно обеспечить эти процессы на федеральном, региональном и местном уровнях, обеспечив постановку этих земельных участков сельскохозяйственного назначения на государственный кадастровый учет и их регистрацию, желательное с продолжением субсидирования межевых работ, что позволит привлечь дополнительные кредитные ресурсы в АПК под залог земли и увеличить налогооблагаемую базу. Большую работу в этом направлении в последнее время делает Росреестр, осуществляя пилотные проекты по проведению комплексных кадастровых работ и выявлению неиспользуемых земель.

Первоочередные меры в этом направлении были определены на совещании у Председателя Правительства Российской Федерации Д.А. Медведева 17 января 2018 г. (протокол № ДМ-П11-2пр).

Но даже с учетом уже принятых решений имеется необходимость внести в законодательство следующие дополнения:

- расширить практику проведения комплексных кадастровых работ в отношении земель сельскохозяйственного назначения, создать для этого в субъектах Российской Федерации организации по землеустроительной деятельности, что возможно сделать на базе Федеральной кадастровой палаты, используя формат государственно-частного партнерства;
- перейти от заявительного принципа кадастрового учета и регистрации прав к генеральному кадастровому учету;
- продолжить разграничение земель сельскохозяйственного назначения с землями



лесного фонда, водного фонда, с территориями, а также зонами охраны объектов культурного наследия и др.;

- приступить к поэтапной инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения по формам собственности, категориям земельного фонда, угодьям, признакам неиспользования, что позволит иметь точный баланс земель сельскохозяйственного назначения в стране;
- продолжить создание информационной базы данных по учету земель сельскохозяйственного назначения в информационных ресурсах Минсельхоза России, что обеспечит реализацию политики «эффективного гектара», предлагаемую министерством.

Нужно улучшить кадровое обеспечение земельно-правовой и землеустроительной проблематики, для чего необходимо:

- оптимизировать сеть вузов, осуществляющих подготовку специалистов по землеустройству и кадастрам, на основе объективной оценки их деятельности;
- усилить земельно-правовую подготовку бакалавров-юристов в Государственном университете по землеустройству — в ГУЗе уже давно и цивилисты, и криминалисты изучают спецкурсы земельно-правовой тематики, но теперь планируется также начать подготовку бакалавров юриспруденции земельно-правового профиля.

Также мы предлагаем создать в системе Минсельхоза России Научно-исследовательский институт земельных ресурсов. Это возможно сделать при подведомственном Государственном университете по землеустройству, который в настоящее время стал единственным научным и учебно-методическим центром в Российской Федерации в области землеустройства и кадастров.

Целью этого НИИ будет являться формирование обоснованной земельной политики государства в области агропромышленного комплекса, совершенствование земельного законодательства, методов правового, экономического и научно-технологического механизма регулирования земельных отношений в АПК. Аналогами такого учреждения могут быть Институт земельной политики им. Джона Линкольна в США, штаб-квартира которого находится в Кембридже; Научно-исследовательский институт использования земель Маколея, расположенный в Абердине и находящийся в ведении Госсекретаря Шотландии; Центр консолидации и восстановления земель Министерства земельных и природных ресурсов КНР.

Положительным моментом является также возобновление работы при Министре сельского хозяйства Совета по рациональному использованию земельных ресурсов с участием земельных отраслевых союзов, ученых, практиков, представителей Государственной Думы и Совета Федерации, регионов и сельских товаропроизводителей, которые на площадке Минсельхоза России будут проводить нормотворческую и экспертную деятельность.

Проведена определенная работа по созданию в России системы независимой оценки квалификаций в землеустроительной деятельности:

- 29 сентября 2015 г. утвержден профессиональный стандарт «Специалист в сфере кадастрового учета» (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 666н);

- 29 марта 2018 г. профессиональный стандарт «Землеустроитель» отнесен в ведение Совета по профессиональным квалификациям агропромышленного комплекса (Решение Национального Совета при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям, протокол № 26);
- 5 мая 2018 г. утвержден профессиональный стандарт «Землеустроитель» (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 301н);
- 19 сентября 2018 г. приняты наименования квалификаций и требования к ним, разработанные на основе профессионального стандарта «Землеустроитель», прошедшие общественное обсуждение в профессиональном сообществе и экспертизу в Национальном агентстве развития квалификаций (Решение Национального Совета при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям, протокол № 29);
- 14 ноября 2018 г. от Совета по профессиональным квалификациям агропромышленного комплекса получены полномочия на создание «Экспертного центра» в Центре оценки квалификаций (Межрегиональная ассоциация независимых экспертов по развитию квалификаций) при Совете по профессиональным квалификациям агропромышленного комплекса для проведения профессиональных экзаменов по трем уровням квалификации в землеустроительной деятельности;
- август 2019 г. — разработан фонд оценочных средств для проведения профессионального экзамена по 7-му уровню квалификации: инженер-исследователь-землеустроитель;
- ноябрь 2019 г. — разработан фонд оценочных средств для проведения профессиональных экзаменов по 5-му и 6-му уровням квалификации: техник-землеустроитель и инженер-землеустроитель.

Важнейшим для развития землеустройства в Российской Федерации могла бы стать Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса, разработанная Министерством сельского хозяйства. Предлагаемый срок вступления документа в силу — март 2020 г., срок реализации Госпрограммы — 2021-2030 гг., ее проектная стоимость превышает 1,41 трлн руб., в том числе около 887,9 млрд руб. из федерального бюджета. В 2021 г. на программу должно быть направлено 171,1 млрд руб., включая 100,6 млрд руб. из федерального бюджета. Госпрограмма смогла бы обеспечить повышение продовольственной безопасности России и устойчивое развитие АПК.

В проекте Госпрограммы сформулированы важнейшие цели по совершенствованию землеустройства. Основная цель программы — сбор и систематизация данных о землях сельскохозяйственного назначения. Каждый год планируется собирать информацию о 38,3 млн га. Сейчас данных недостаточно или они не достоверны и разрозненны, также нет единого информационного ресурса, который бы отвечал на различные вопросы о составе, структуре собственности, качестве земель и т.п., говорится в пояснении к документу. Поэтому анализировать ход вовлечения земель в оборот и эффективно управлять этим процессом невозможно.

Также, согласно проекту Госпрограммы, за 10 лет предполагается утвердить схемы земле-

устройства 44 млн га сельхозземель муниципальных образований: провести межевание земель, которые находятся в общедолевой собственности, выявить неволеваемые участки, поставить участки на кадастровый учет и др.

Еще одна цель — вовлечение в оборот не менее 12 млн га к 2030 г. Кроме того, к этому времени площадь мелиорируемых земель должна увеличиться не менее чем на 1,6 млн га к уровню 2018 г., когда она составляла 96,12 тыс. га, говорится в документе. Производство растениеводческой продукции на мелиорируемых землях за 10 лет должно увеличиться на 145% относительно 2018 г.

Министерство сельского хозяйства РФ планирует обеспечивать информационное сопровождение сельхозпроизводителей в области земельных отношений и сформировать рынок сельхозземель. Сосредоточение многочисленных функций в едином институте с инновационными подходами и современными IT-технологиями позволит оперативно решать любые задачи в сфере развития АПК страны, говорится в пояснении к документу.

Предложенная Госпрограмма предполагает выделение субсидий на подготовку проектов межевания земельных участков из общедолевой собственности, постановку на кадастровый учет неиспользуемых земель, а также проведение гидромелиоративных, культуртехнических, агролесомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий и на известкования кислых почв.

В соответствии с поручениями Президента Российской Федерации В.В. Путина и Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 мая 2019 г. № 696 была разработана и утверждена Государственная программа Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий». Ответственным исполнителем за реализацию Госпрограммы является Минсельхоз России. Период реализации Госпрограммы — 2020-2025 гг.

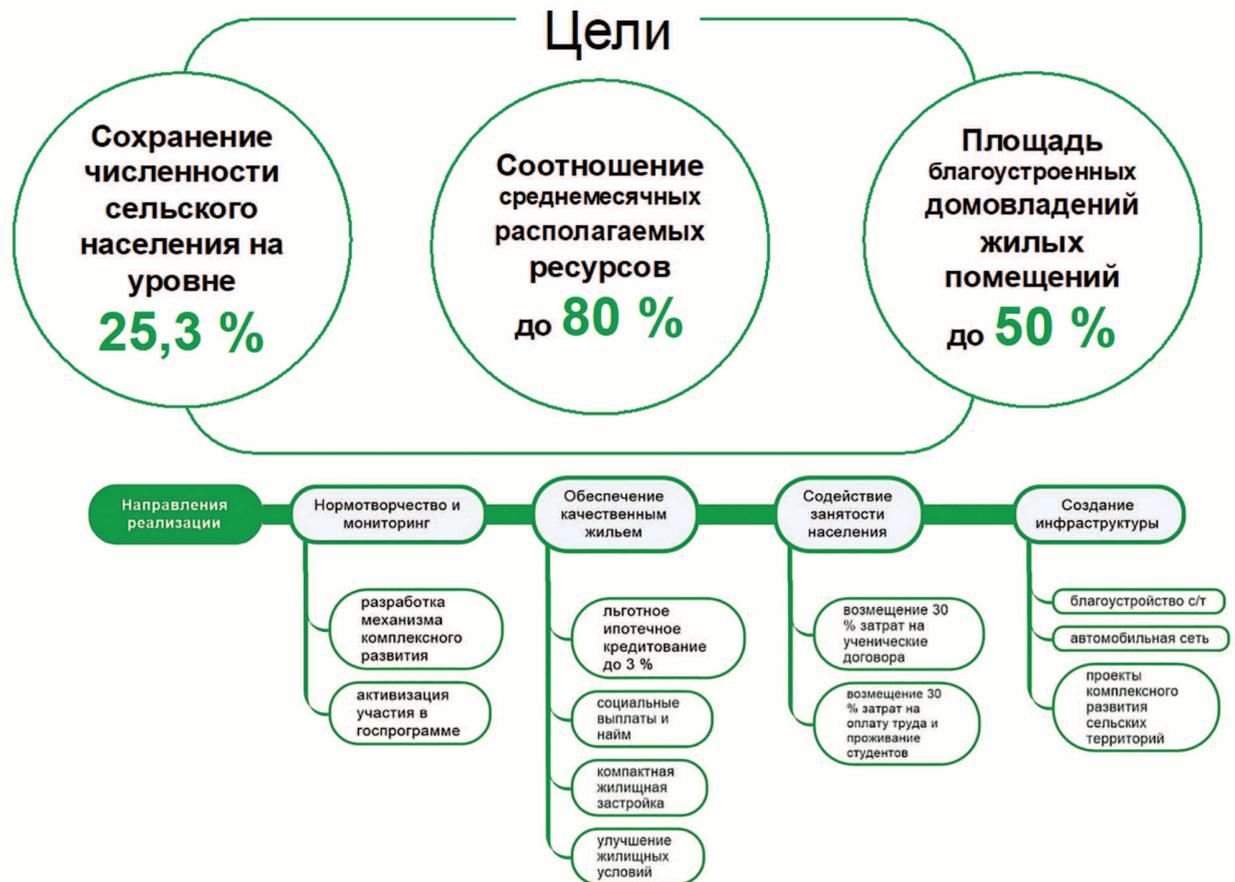
В паспорте Госпрограммы «Комплексное развитие сельских территорий» закреплены следующие основные цели комплексного развития сельских территорий:

Повышение уровня благосостояния сельского населения, ключевым критерием оценки которого определен показатель соотношения среднемесячных располагаемых ресурсов сельского и городского домохозяйств (совокупность всех денежных доходов домохозяйств, включающих использование накопленных, привлеченных, заемных средств и др.). По данным Росстата, сейчас это соотношение составляет 68%. Это соотношение может быть доведено до 80% при условии реализации Госпрограммы в соответствии с утвержденными в ее паспорте параметрами.

Цели Госпрограммы представлены на рисунке.

Особое внимание в первый год реализации Госпрограммы планируется уделить проведению детального анализа состояния сельских территорий, проведение которого предусмотрено в рамках ВЦП «Обеспечение государственного мониторинга сельских территорий».

Для успешной реализации Государственной программы «Комплексное развитие сельских территорий» необходимо преодолеть межведомственные барьеры, что позволит решить проблемы недофинансирования программ. Проектный подход позволит реализовать поставленные в Государственной программе цели.



Источник: Минсельхоз РФ.

Рис. Цели Государственной программы «Комплексное развитие сельских территорий»

В настоящее время Государственный университет по землеустройству завершает разработку «Стратегии использования земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации до 2030 года». Осуществление данной стратегии позволит уточнить концепцию земельного законодательства в аграрной сфере и планомерно наращивать производство сельскохозяйственной продукции на основе включения земель сельскохозяйственного назначения в активный экономический оборот.

#### Литература

1. Волков С.Н., Комов Н.В., Хлыстун В.Н. Как достичь эффективного управления земельными ресурсами в России? // Международный сельскохозяйственный журнал. 2015. № 3. С. 3-7.
2. Волков С.Н. Современное состояние земельных отношений, землепользования и землеустройства в Российской Федерации и научное обоснование основных

направлений их регулирования в АПК // Материалы к докладу на заседании Президиума Российской академии наук 28 марта 2017 г. М.: ГУЗ, 2017. 72 с.

3. Тенденции и проблемы развития земельного законодательства // Материалы к Парламентским слушаниям Совета Федерации и к Столыпинским чтениям в Государственном университете по землеустройству 19 апреля 2018 г. / под общ. ред. С.Н. Волкова, А.А. Фомина. М., 2018.

4. Volkov S.N., Fomin A.A. Provision of effective regulation of land relations and efficient agricultural land use. International Agricultural Journal. 2018. Vol. 61. No. 3.

5. Основные направления использования земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации на перспективу: научно-практическое пособие / под ред. С.Н. Волкова. М.: ГУЗ, 2018. 344 с.

6. Волков С.Н., Фомин А.А. История землеустроительного образования в России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2014. № 5. С. 31-35.

7. Magel X., Thiel F., Espinoza X. Land policy and land management: international perspectives // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 4. С. 6-12.

8. Комов Н.В., Шарипов С.А., Цыпкин Ю.А., Конокоткин Н.Г., Фомин А.А., Сорокина О.А. Управление земельными ресурсами. М., 2020.

9. Фомин А.А., Черкашина Е.В. Реализация комплексного подхода к формированию государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» // Московский экономический журнал. 2019. № 11. С. 57.

10. Комов Н.В., Шарипов С.А., Цыпкин Ю.А., Фомин А.А., Сорокина О.А. Земельные ресурсы — основа повышения экономической эффективности аграрного сектора // Московский экономический журнал. 2019. № 11. С. 10.

11. Фомин А.А., Удалова Е.К. Перспективы развития интеграции в агропромышленном комплексе // Московский экономический журнал. 2019. № 5. С. 14.

12. Шагайда Н.И., Фомин А.А. Совершенствование земельной политики в Российской Федерации // Московский экономический журнал. 2017. № 4. С. 71.

13. Fomin A.A., Shapovalov D.A., Lepehin P.P. Digital agriculture as a driver of innovative development of AIC. International Agricultural Journal. 2019. Vol. 2. No. 1. P. 3.

Об авторах:

**Волков Сергей Николаевич**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, ректор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0931-065X>, [guz-rektorat@mail.ru](mailto:guz-rektorat@mail.ru)

**Фомин Александр Анатольевич**, кандидат экономических наук, профессор кафедры экономической теории и менеджмента, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3881-8348>, [agrodar@mail.ru](mailto:agrodar@mail.ru)

## IMPROVING ORGANIZATIONAL AND LEGAL REGULATION LAND MANAGEMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION

S.N. Volkov, A.A. Fomin

State university of land use planning, Moscow, Russia

The development of effective land use is possible only if the system of legislative support for land management measures is improved. A major change in one of the most important Federal laws "On land management" is required. It is necessary to formalize the development of agricultural regulations for land use as part of the projects of intra-household land management, measures to protect land from degradation processes and to reproduce soil fertility, and to improve the efficiency of land use.



Complete the formation of land ownership in the country's agricultural sector and legislate for these processes at the Federal, regional and local levels. Scientists and specialists of the State university of land management, the National union of land managers and other professional associations in the field of land management can take an active part in this work.

The Ministry of agriculture of the Russian Federation has developed a draft state program for effective involvement in the turnover of agricultural lands and development of the reclamation complex. According to the project of the State program, it is planned to approve the scheme of land management of 44 million hectares of agricultural land in municipalities over the ten years: to conduct land surveying of lands that are in the General field proper, to identify unclaimed plots, to put them on personnel records, etc. In accordance with the instructions of the President of the Russian Federation V.V. Putin and government resolution No. 696 of May 31, 2019, the State program of the Russian Federation "Integrated development of rural territories" was developed and approved. The period of implementation of the state program 2020-2025.

**Keywords:** State program, land management, land use, legal regulation, planning of land use, intra-household land management, agricultural land turnover, cadastre, National union of land managers.

## References

1. Volkov S.N., Komov N.V., Khlystun V.N. How to achieve effective land management in Russia? *Mezhdunarodnyj selskokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2015. No. 3. Pp. 3-7.
2. Volkov S.N. Current state of land relations, land use and land management in the Russian Federation and scientific justification of the main directions of their regulation in agriculture. Materials for the report at the meeting of the Presidium of the Russian academy of sciences on March 28, 2017. Moscow: GUZ, 2017. 72 p.
3. Trends and problems in the development of land legislation. Materials for the Parliamentary hearings of the Federation Council and for the Stolypin readings at the State university on land management on April 19, 2018. Under general editorship of S.N. Volkov, A.A. Fomin. Moscow, 2018.

4. Volkov S.N., Fomin A.A. Provision of effective regulation of land relations and efficient agricultural land use. *International Agricultural Journal*. 2018. Vol. 61. No. 3.
5. Main directions of agricultural land use in the Russian Federation for the future: scientific and practical guide. Edited by S.N. Volkov. Moscow: GUZ, 2018. 344 p.
6. Volkov S.N., Fomin A.A. History of land management education in Russia. *Mezhdunarodnyj selskokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2014. No. 5. Pp. 31-35.
7. Magel X., Thiel F., Espinoza X. Land policy and land management: international perspectives. *Mezhdunarodnyj selskokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2017. No. 4. Pp. 6-12.
8. Komov N.V., Sharipov S.A., Tsyppin Yu.A., Konokotkin N.G., Fomin A.A., Sorokina O.A. Land management. Moscow, 2020.
9. Fomin A.A., Cherkashina E.V. Implementation of the project approach to the formation of the state program of

the Russian Federation "Integrated development of rural areas". *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal* = Moscow economic journal. 2019. No. 11. P. 57.

10. Komov N.V., Sharipov S.A., Tsyppin Yu.A., Fomin A.A., Sorokina O.A. Land resources — the basis for improving the economic efficiency of the agricultural sector. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal* = Moscow economic journal. 2019. No. 11. P. 10.

11. Fomin A.A., Udalova E.K. Prospects of development of integration in agroindustrial complex. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal* = Moscow economic journal. 2019. No. 5. P. 14.

12. Shagajda N.I., Fomin A.A. Improving land policy in the Russian Federation. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal* = Moscow economic journal. 2017. No. 4. P. 71.

13. Fomin A.A., Shapovalov D.A., Lepelin P.P. Digital agriculture as a driver of innovative development of AIC. *International Agricultural Journal*. 2019. Vol. 2. No. 1. P. 3.

## About the authors:

**Sergey N. Volkov**, academician of the Russian academy of sciences, doctor of economics sciences, professor, rector, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0931-065X>, [guz-rektorat@mail.ru](mailto:guz-rektorat@mail.ru)

**Alexander A. Fomin**, candidate of economic sciences, professor of the department of economic theory and management, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3881-8348>, [agrodar@mail.ru](mailto:agrodar@mail.ru)

[agrodar@mail.ru](mailto:agrodar@mail.ru)



26–28 февраля 2020 г.

## Уважаемые владельцы и управляющие компаний!

Приглашаем вас на 13-ю  
«Зимнюю зерновую конференцию»  
в город-курорт Белокуриху.

Заявки на участие в конференции: (3852) 60–03–79, [altfair@altfair.ru](mailto:altfair@altfair.ru)



Организаторы конференции:  
◊ Союз зернопереработчиков Алтая.  
◊ ООО «Алтайские мельницы».  
◊ Институт конъюнктуры аграрного рынка.  
◊ ООО «ПроЗерно».

При поддержке Минсельхоза РФ

Генеральные спонсоры:



Операторы конференции:  
◊ ООО «Современные выставочные технологии».  
◊ Алтайский Центр Конгрессов и Коммуникаций.

Больше новостей на  
[www.zzk22.ru](http://www.zzk22.ru)

<https://www.facebook.com/wgc.belokurikha>

# ASF-INDEX — КАРТА УСТОЙЧИВОЙ ВНУТРИПОЛЕВОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА, ПОСТРОЕННАЯ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ  
в рамках научного проекта № 18-07-00872

Д.А. Шаповалов<sup>1</sup>, П.В. Королева<sup>2</sup>, Н.В. Калинина<sup>2</sup>,  
Е.В. Вильчевская<sup>2</sup>, А.Л. Куляница<sup>3</sup>, Д.И. Рухович<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва, Россия

<sup>3</sup> ООО «АйТи Парма», Москва, Россия

Проведен анализ применения ASF-index в системах точного земледелия. Установлены математическая, биологическая и агротехническая составляющие ASF-index. Математически ASF-index представляет собой разновидность среднемноголетних вегетационных индексов, основанных на обработке больших массивов данных дистанционного зондирования — Satellite Big Data, Remote Sensing Big Data. Обязательная для расчетов нормализация данных дистанционного зондирования проводится на основе спектральной окрестности линии почв (spectral neighborhood of soil line). Биологически ASF-index — это индикатор различного уровня плодородия почв в пределах одного сельскохозяйственного поля — карта устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия. Агротехнически ASF-index отражает различную отзывчивость частей поля на применение минеральных удобрений. Агротехнически ASF-index является основой для генерации карт заданий систем точного земледелия, так как позволяет рассчитать нормы дифференцированного внесения средств химизации по разным зонам плодородия почв. ASF-index позволяет достигнуть максимальной урожайности при заданном уровне химизации. Юридически ASF-index — know how компании «Agronote».

## Введение.

Умное земледелие, как правило, включает в себя элементы точного земледелия [1, 2, 3]. В свою очередь, в точном земледелии часто применяется дифференцированное внесение средств химизации. Дифференцирование средств химизации может осуществляться с

использованием двух блоков различных технических приемов — установка на сельскохозяйственную технику датчиков состояния растительности и на основе карт заданий. Карты задания формируются до вывода в поле техники дифференцированного воздействия на сельскохозяйственные угодья, как правило, из

сторонних независимых источников. Формирование карт заданий является одной из важнейших задач в концепции умного и точного земледелия.

Само понятие карт заданий предполагает наличие некоторой пространственной неоднородности в рамках сельскохозяйственного поля,



Рис. 1. Регионы апробации технологии

таковая неоднородность требует различного воздействия в разных частях поля. Предполагается, что разница в воздействиях снизит в целом затраты на производство сельскохозяйственной продукции при увеличении валовых сборов. Пространственная неоднородность может фиксироваться наземными методами (почвенным, агрохимическим, агрофизическим и др. обследованием), автоматизированными прецизионными замерах урожайности и по данным дистанционного зондирования (ДДЗ). Обычно каждый замер отражает флуктуации неоднородности измеряемого фактора на момент замера. Следовательно, в изменившихся условиях может измениться и структура внутриполевой неоднородности. Подходы к точному земледелию на основе фиксации внутриполевой неоднородности здесь и сейчас можно назвать «**ситуативными**», т.е. попытками действовать по ситуации. Плодородие же почв является долговременным фактором, который сложно или невозможно учесть в рамках ситуативного подхода. Де-факто, ситуативный подход означает, что плановое воздействие проведено некорректно и требует вмешательства для исправления сложившейся ситуации. Для грамотного воздействия с учетом долговременных факторов можно использовать «**адаптивный**» подход, т.е. адаптировать плановые работы по внесению средств химизации к пространственному распределению почвенной неоднородности. В какой-то степени точное земледелие на основе адаптивного подхода

является развитием адаптивно-ландшафтного земледелия [4]. Адаптивный подход основан на ретроспективном анализе состояния полей, на методах фиксации устойчивой во времени неоднородности. Иными словами, нужны карты устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия. Именно с учетом ретроспекции можно создать карты задания на перспективу, а не спасать ситуацию в каждый конкретный момент времени.

В настоящее время в том или ином виде карты внутриполевой неоднородности плодородия, построенные анализом больших массивов спутниковых данных (Satellite Big Data, Remote-sensing Big Data) [5, 6], входят в арсенал нескольких фирм, оказывающих услуги в области точного земледелия: ExactFarming [7], FarmersEdge [8], Cropio [9], Agronote [10], Intterra [11], AGRO-SAT [12], NextFarming [13] и др. В данной работе анализируется ASF-index ООО «Агроноут» [14, 15], который по данным компании является разновидностью среднесезонных вегетационных индексов (ВИ). Также ASF-index позиционируется компанией как карта устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почв. ASF-index — know how компании «Agronote».

**Цели работы.**

1. Провести сравнительный анализ ASF-index и NDVI за несколько лет.
2. Провести анализ ASF-index на предмет его применимости в системах точного земледелия.

**Объекты и методы.**

В данной работе рассмотрена типовая верификация на примере полей 14-ти хозяйств в восьми субъектах Российской Федерации (рис. 1).

**Методы** 1. Geographical data mining [16].

2. Data-driven geography [17].

3. Ретроспективный мониторинг почвенно-земельного покрова [18, 19, 20, 31], основанный на принципах актуализма и униформизма [21, 22].

4. Многослойный мультитременной ГИС-анализ [23, 24, 25].

5. Анализ географических мультитременных баз данных [26, 27, 32].

6. Спектральная окрестность линии почв [28, 29, 30].

7. Технология дифференцированного внесения средств химизации [33].

8. Полевые измерения урожайности сельскохозяйственных культур по рамке 1x1 м с ручным обмолотом зерна.

9. Расчеты ВИ [34, 35, 36].

**Описание закладки экспериментов**

1. Все ASF-index, используемые в данной работе, были переданы в сельскохозяйственные предприятия на коммерческой основе согласно актам сдачи-приемки.

2. Даты актов всегда предшествовали наземным работам по ведению точного земледелия.

3. Даты актов всегда предшествовали работам по верификации карт устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия.



Рис. 2. Пример карты ASF-index на одно из тестовых хозяйств (Тамбовская область)

Таблица 1

**Замеры урожайности по зонам плодородия**

№	Культура	Урожайность, т/га		
		Зона пониженного плодородия	Зона нормального плодородия	Зона повышенного плодородия
1	оз.пшеница	7.21	8.15	7.96
2	оз.пшеница	8.87	9.73	10.40
3	оз.пшеница	6.99	7.88	9.02
4	оз.пшеница	7.38	9.15	9.30
5	оз.пшеница	8.09	7.84	7.32
6	оз.пшеница	7.09	7.75	8.02
7	оз.пшеница	6.56	7.29	7.98
8	оз.пшеница	7.28	7.28	7.31
9	оз.пшеница	5.83	8.23	-
10	оз.пшеница	7.17	9.82	8.95
11	оз.пшеница	7.89	8.39	8.08
12	оз.пшеница	0.90	3.21	3.54
13	оз.пшеница	0.72	1.16	2.00
14	оз.пшеница	0.76	1.99	2.19
15	оз.пшеница	1.19	1.41	2.71
16	ячмень	0.61	-	2.25
17	ячмень	2.17	2.95	4.43
18	ячмень	1.56	-	2.60
19	ячмень	1.46	1.90	2.27
20	ячмень	0.90	1.17	1.75
21	кукуруза	6.37	-	7.71
22	кукуруза	4.11	-	5.61
23	подсолнечник	2.26	3.22	3.44
24	подсолнечник	2.45	3.05	3.35
25	подсолнечник	2.18	2.84	2.99



4. ASF-index рассчитывался на всю территорию каждого хозяйства (рис. 2).

5. Общая площадь хозяйств составила более 100 тыс. га.

6. Хозяйства расположены в Ростовской, Саратовской, Самарской, Липецкой, Тамбовской, Ульяновской областях и Краснодарском, Ставропольском краях.

7. Поля для верификации ASF-index отбирались с учетом пожеланий сельскохозяйственных производителей без вмешательства компании «Agronote» (рис. 3).

8. Верификация проведена на 25-ти полях в восьми субъектах Российской Федерации (табл. 1).

#### Описание техники верификации

Поскольку ASF-index является картой внутриполевой неоднородности, то верификация проводилась по отдельным полям (рис. 3). На тестовые поля технологией *Geographic data mining* из Satellite Big Data отобраны несколько десят-

ков кадров ДДЗ за последние 30-35 лет (табл. 2). При отборе отсеивались ДДЗ, если на поле падало облако, тень от облака, поле не имело вегетирующей растительности, на поле фиксировались разные агротехнические приемы, разные культуры или сорта. Иными словами, отбирались кадры ДДЗ, пригодные для расчетов ВИ на данное поле. По отобранным кадрам ДДЗ рассчитывалась серия разновременных ВИ на каждое поле за 30-35-ти летний период (рис. 4).

Для упрощения задачи ASF-index, который передавался в хозяйства со значениями от 1 до 9 (рис. 3), группировался в три зоны плодородия (рис. 5) — пониженного плодородия, нормального плодородия и повышенного плодородия. В каждой зоне намечались точки замера урожайности не менее чем в трех повторностях.

Проводилось сравнение ВИ, урожайности по зонам плодородия ASF-index. В случае дифференцированного внесения удобрений, проводились замеры урожайности с учетом доз удобрений.

#### Результаты и обсуждение.

##### Биологическая и агротехническая составляющая ASF-index

Рассмотрим поле на рис. 3е. Это поле из массива полей хозяйства на Кубани. На рисунке 3е дано расположение точек замера урожайности. Замеры урожайности проведены в 2018 году и в 2019 году. В 2018 году на поле была посеяна кукуруза на зерно. Дифференцированное внесение удобрений не проводилось. Недифференцированно проведена одна азотная подкормка аммиачной селитрой — 120 кг/га. Результаты замеров урожайности представлены в табл. 1 (запись 22). Как видно из таблицы, три зоны плодородия отличаются по урожайности на 1,5 т/га.

Отметим, что переход к точному земледелию, как правило, осуществляют грамотные и сильные хозяйства. В этих хозяйствах проведены агрохимические замеры и существуют агрохимические картограммы на каждое поле. Большинство хозяйств имеет выровненный агрофон по рекомендациям своих агрохимических служб. Данное хозяйство и данное поле не исключение. На полях не обнаружено мест с пониженным содержанием питательных элементов (ни макроэлементов, ни микроэлементов). Зоны плодородия ASF-index на исследуемых полях не коррелировали с агрохимическими картограммами.

В 2019 году проведен эксперимент с дифференцированным внесением удобрений. Схема опыта представлена в таблице 3. Под озимую пшеницу удобрения вносились четыре раза — основное внесение, внесение при посеве и две весенние азотные подкормки. Основное внесение и при посеве вносилась аммофоска, а при подкормках — аммиачная селитра. Общая доза удобрений при эксперименте на разных участках поля составила 200, 400, 600 и 800 кг/га. На схеме видна двойная повторность закладки эксперимента и двойная повторность определения урожайности в вариантах эксперимента. В результате замеры урожайности проведены при всех возможных сочетаниях зон плодородия по ASF-index с различными дозами удобрений.

График рисунка 6 демонстрирует, что зоны плодородия не только отличаются по урожайности при традиционной агротехнике (табл. 1), но и отличаются друг от друга по отзывчивости на дозы удобрений (табл. 3). Из рисунка 6 следует, что зона пониженного плодородия слабо реагирует на увеличение доз удобрений. Фактическая прибавка урожайности в зоне пониженного плодородия ниже уровня рентабельности минеральных удобрений, который по разным оценкам составляет от 3,6 до 4,2 кг/кг [37,38]. Отзывчивость традиционно измеряем в весе зерна в килограммах на вес действующего вещества минеральных удобрений в килограммах. В зоне повышенного плодородия ситуация диаметрально противоположная. Рентабельность минеральных удобрений составляет более 12 кг/кг. Зона нормального плодородия так же рентабельна для применения удобрений, но рентабельность колеблется от 6 до 9 кг/кг.

Из графика рис. 6 следует неизбежный вывод, что внесение минеральных удобрений на поле необходимо дифференцировать. Средняя доза удобрений в хозяйстве составляет 500 кг/га. В зоне пониженного плодородия можно сократить дозы удобрений до 400 кг/га. Высвободившиеся 100 кг/га можно перераспределить в зону повышенного плодородия. Условно можно считать, что зоны плодородия равны по площади.

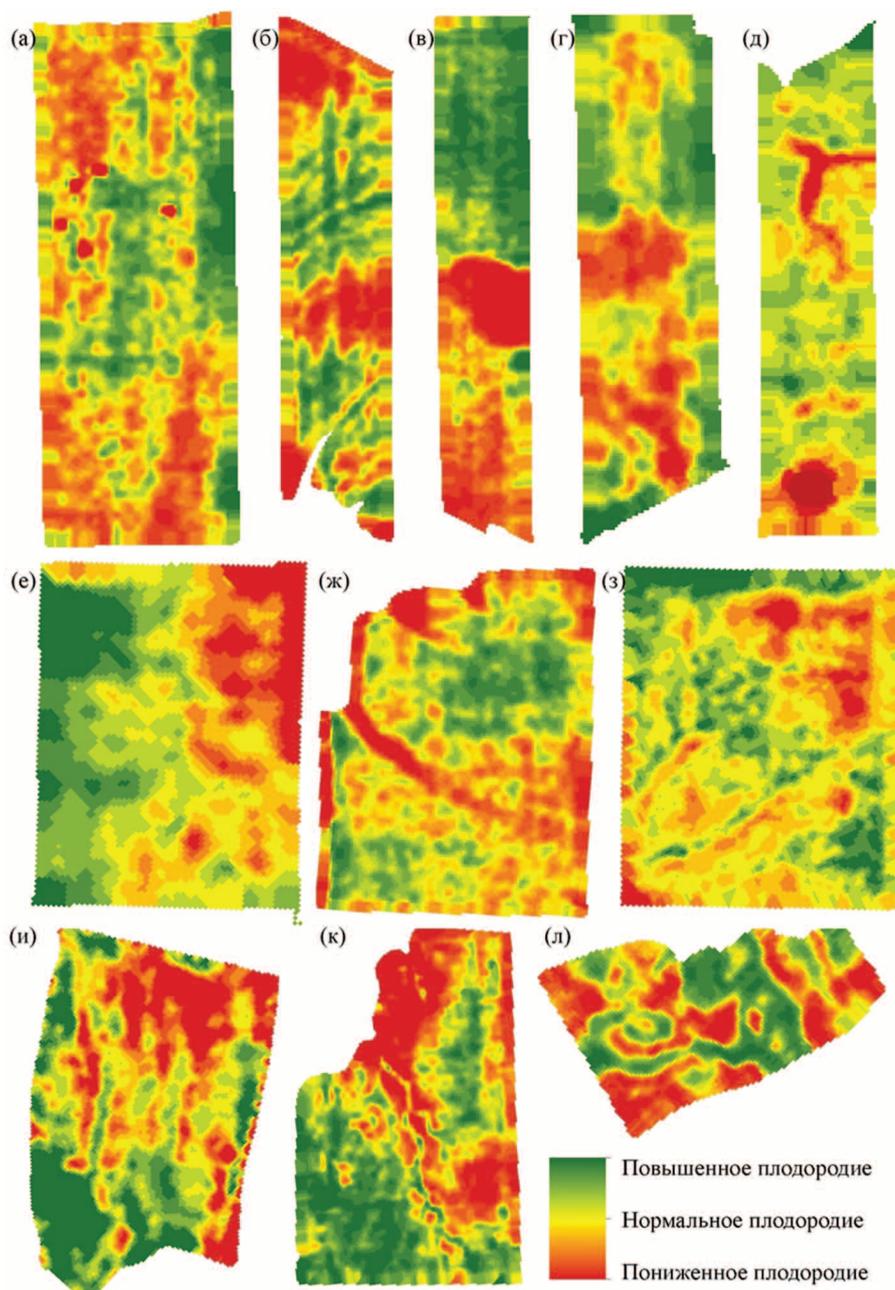


Рис. 3. Примеры карт ASF-index на тестовые поля различных регионов

Список ДДЗ, отобранных для анализа внутриполевой неоднородности одного из тестовых хозяйств: всего 140 кадров (формат названия — год, месяц, день, сенсор: LT05 LE07 LC08 — Landsat 5, 7, 8, S2AB — Sentinel-2)

1984_0627_LT05	1989_0812_LT05	1993_0722_LT05	1999_0707_LT05	2003_0920_LT05	2013_0713_LC08	2017_0702_S2AB
1984_0830_LT05	1989_0820_LT04	1993_0807_LT05	1999_0715_LE07	2004_0618_LT05	2013_0814_LC08	2017_0712_S2AB
1984_1001_LT05	1989_0921_LT04	1993_0908_LT05	1999_0816_LE07	2005_0520_LT05	2013_1102_LC08	2017_0727_S2AB
1985_0801_LT05	1989_1015_LT05	1993_0924_LT05	2000_0412_LE07	2005_0723_LT05	2014_0326_LC08	2017_0801_S2AB
1985_0817_LT05	1989_1031_LT05	1994_0607_LT05	2000_0428_LE07	2005_0824_LT05	2014_0427_LC08	2018_0408_S2AB
1985_0918_LT05	1990_0714_LT05	1995_0423_LT05	2000_0514_LE07	2006_0726_LT05	2014_0529_LC08	2018_0503_S2AB
1986_0430_LT05	1990_0815_LT05	1995_0525_LT05	2000_0522_LT05	2006_0811_LT05	2014_0630_LC08	2018_0602_S2AB
1986_0516_LT05	1991_0428_LT05	1995_0626_LT05	2000_0607_LT05	2007_0526_LT05	2014_0716_LC08	2018_0622_S2AB
1986_0703_LT05	1991_0514_LT05	1995_0728_LT05	2000_0615_LE07	2007_0611_LT05	2015_0430_LC08	2018_0625_LC08
1986_0804_LT05	1991_0701_LT05	1996_0425_LT05	2000_0717_LE07	2007_0627_LT05	2015_0827_S2AB	2018_0702_S2AB
1987_0519_LT05	1991_0717_LT05	1996_0511_LT05	2000_1005_LE07	2007_0713_LT05	2016_0423_S2AB	2018_0712_S2AB
1987_0908_LT05	1991_0919_LT05	1996_0527_LT05	2001_0517_LE07	2007_0830_LT05	2016_0503_S2AB	2018_0727_LC08
1988_0419_LT05	1991_1005_LT05	1996_0612_LT05	2001_0712_LT05	2008_0629_LT05	2016_0518_LC08	2018_0727_S2AB
1988_0505_LT05	1991_1021_LT05	1996_0714_LT05	2001_0728_LT05	2009_0616_LT05	2016_0622_S2AB	2019_0423_S2AB
1988_0630_LT04	1992_0625_LT04	1996_0815_LT05	2001_0805_LE07	2009_0803_LT05	2016_0712_S2AB	2019_0425_LC08
1988_0817_LT04	1992_0804_LT05	1998_0501_LT05	2002_0621_LE07	2010_0518_LT05	2016_0801_S2AB	2019_0428_S2AB
1988_0825_LT05	1992_0820_LT05	1998_0517_LT05	2002_0707_LE07	2010_0806_LT05	2016_0806_LC08	2019_0602_S2AB
1989_0625_LT05	1992_0905_LT05	1998_0720_LT05	2002_0824_LE07	2011_0606_LT05	2017_0428_S2AB	2019_0607_S2AB
1989_0719_LT04	1992_1007_LT05	1999_0418_LT05	2003_0523_LE07	2011_0809_LT05	2017_0505_LC08	2019_0627_S2AB
1989_0804_LT04	1993_0316_LT05	1999_0605_LT05	2003_0819_LT05	2013_0611_LC08	2017_0617_S2AB	2019_0702_S2AB

Максимальный экономический эффект будет достигнут при 600 кг/га в зоне повышенного плодородия, 500 кг/га в зоне нормального плодородия и 400 кг/га в зоне пониженного плодородия. В результате перераспределения доз удобрений по зонам при сохранении средней общехозяйственной нормы внесения удобрений, достигается увеличение урожайности озимой пшеницы на 0,3 — 0,5 т/га.

Карта дифференцированного внесения (карта задание — task map) составляется исключительно на основе ASF-index.

Можно подвести предварительные итоги. С одной стороны, согласно табл. 1, пространственное распределение ASF-index является картой устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почвенного покрова. С другой стороны, ASF-index является картой отзывчивости почвенно-земельного покрова на средства химизации.

**Математическая составляющая ASF-index**

Рассмотрим серию NDVI на рисунке 4. Каждая карта NDVI достаточно индивидуальна. Совпадения с картой ASF-index не наблюдается (рис. 3ж). С другой стороны, некоторые карты NDVI больше напоминают ASF-index, а другие нет. Более того, отдельные карты NDVI похожи на инверсию ASF-index. Ситуация вполне логичная, т.к. NDVI рассчитывается на конкретный момент съемки. В этот момент состояние растительности может существенно отличаться в силу тех или иных агротехнических воздействий. Кроме того, следует учесть, что NDVI отражает объем фотосинтезирующей биомассы, а не урожай и плодородие как таковое. Связь между наземной биомассой культурной растительности и урожаем зерновых далеко не линейна [39]. Также инверсия NDVI может наблюдаться при неправильном отборе ДДЗ на момент созревания культурной растительности.

В целом можно утверждать, что в доступных архивах ДДЗ на данное поле не содержится кадров ДДЗ, по одному из которых можно было бы предположить расчет ASF-index. Под доступ-

ными архивами понимаются архивы Landsat и Sentinel [40,41]. Состояние растительности ни в один из 35 годов не совпадает с зонами плодородия. Иными словами, ASF-index не является результатом подбора единичного кадра, что происходит в большинстве случаев обработки ДДЗ.

По координатам отбора образцов для измерения урожайности проведен анализ значений NDVI отобранных ДДЗ. Результаты анализа представлены в таблице 4. Легко видеть, что в зонах пониженного плодородия значения NDVI чаще ниже значений NDVI в зоне нормального

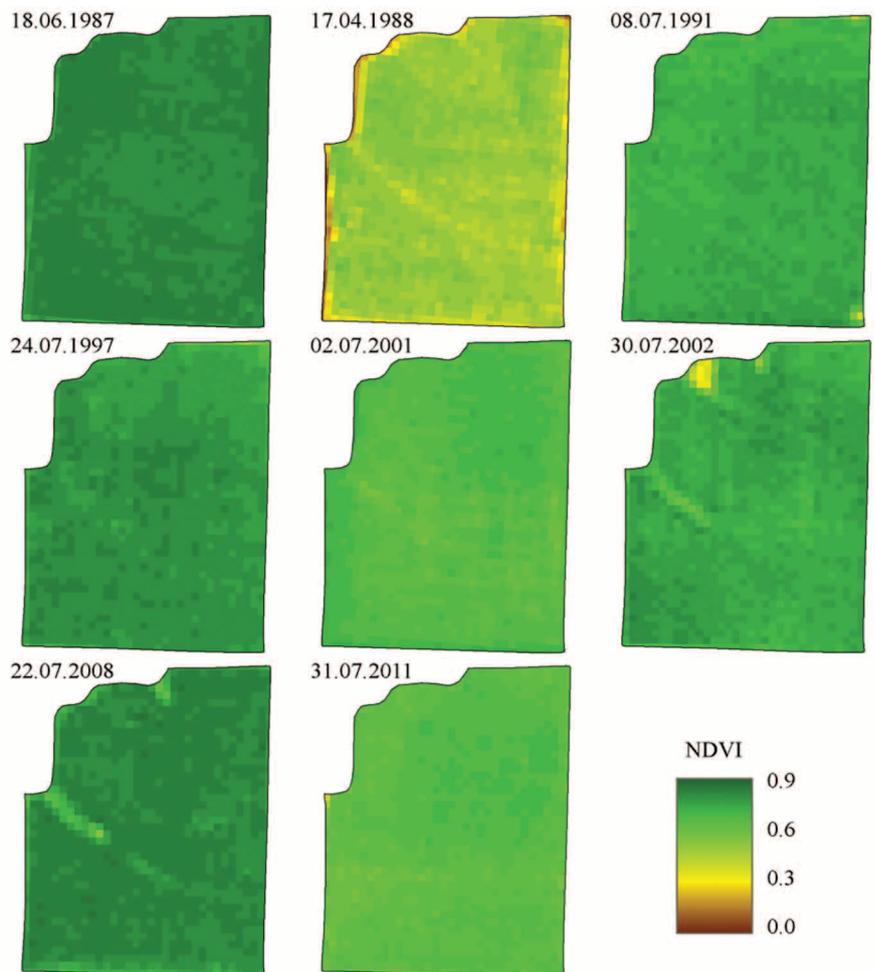


Рис. 4. Примеры карт NDVI одного из тестовых полей (карта ASF-index на рис. 3ж)



плодородия. Значения NDVI в зоне повышенного плодородия, наоборот, чаще всего выше, чем в зоне нормального плодородия. Таким образом, можно утверждать, что ASF-index отражает наиболее часто встречающееся состояние растительности за 30–35 лет.

Пространственное разрешение ASF-index составляет 10 м. Сравнение с NDVI по Landsat и Sentinel показывает, что ASF-index является экстраполяцией Landsat по Sentinel, т.е. при расчете одновременно используются оба источника ДДЗ с доведением пространственного разрешения до разрешения Sentinel — 10 м.

*Предварительный итог — ASF-index является индексом, отражающим среднесезонное состояние растительности, фиксируемое по VI на основе Landsat и Sentinel. Т.е., математически, ASF-index — среднесезонное значение VI.*

Таблица 3

Результаты опыта по дифференцированному внесению удобрений (поле на рис. 3е и 5е)

Суммарные дозы удобрений, кг/га	Урожайность озимой пшеницы, ц/га		
	Зона пониженного плодородия	Зона нормального плодородия	Зона повышенного плодородия
800	73.3	76.8	82.0
800	69.0	73.0	79.6
600	62.9	82.9	95.8
600	68.5	83.4	90.5
400	71.3	71.0	71.8
400	65.0	72.9	73.7
200	61.3	68.7	72.2
200	64.8	69.2	69.8
800	62.5	72.0	87.4
800	75.0	75.7	78.4
600	74.9	85.0	87.4
600	80.1	80.5	84.6
400	71.9	75.5	81.0
400	60.9	69.4	74.1
200	56.3	67.5	76.7
200	57.3	64.7	66.1

Таблица 4

Средние значения NDVI поля рис. 4 и 5ж по точкам определения урожайности по зонам плодородия

Дата	Зона пониженного плодородия	Зона нормального плодородия	Зона повышенного плодородия
18.06.1987	0.7468	0.7510	0.7527
17.04.1988	0.4632	0.5022	0.5197
08.07.1991	0.6809	0.6911	0.6951
24.07.1997	0.7190	0.7319	0.7375
02.07.2001	0.6265	0.6327	0.6473
30.07.2002	0.6744	0.6940	0.7084
22.07.2208	0.7385	0.7495	0.7553
31.07.2011	0.6138	0.6197	0.6322

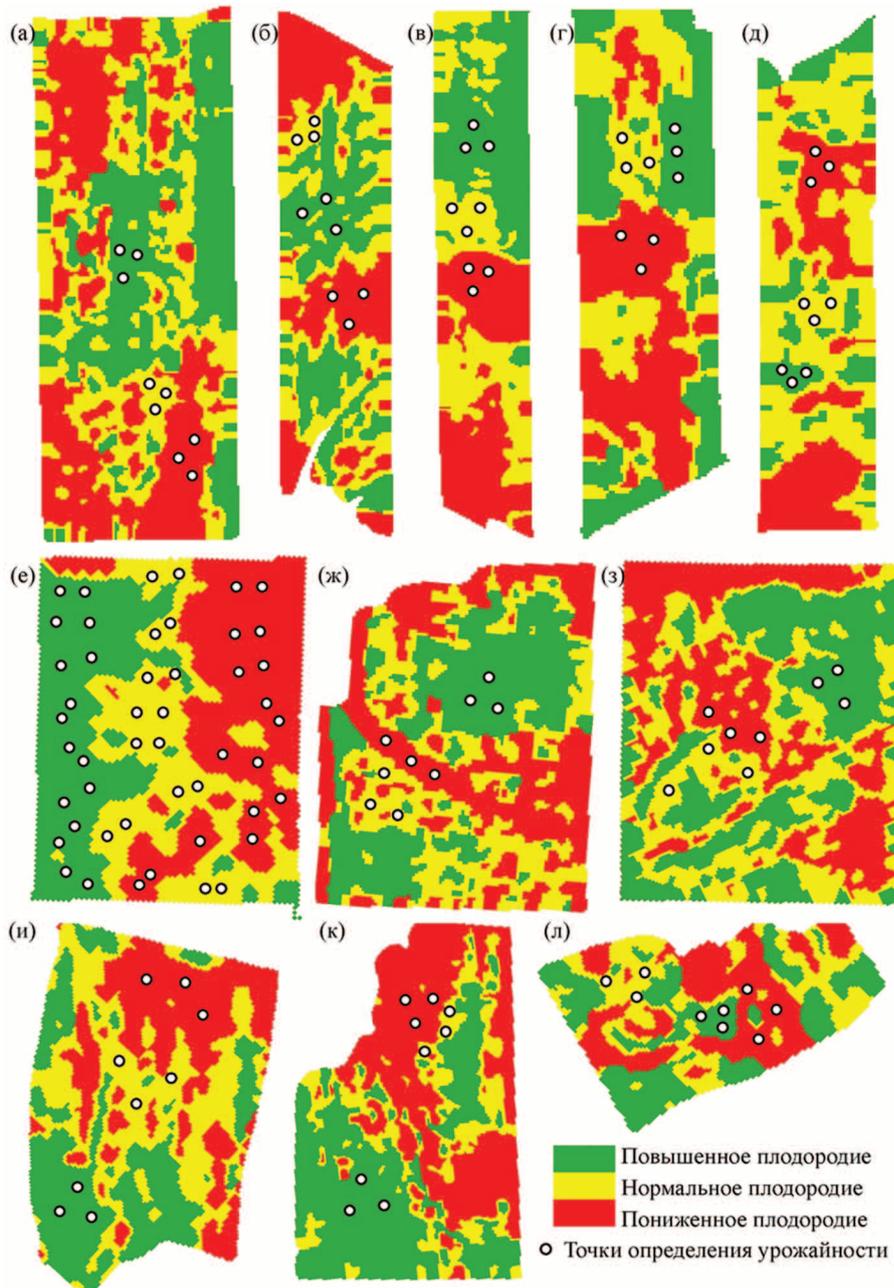


Рис. 5. Примеры карт зон плодородия с точками определения урожайности на тестовые поля различных регионов

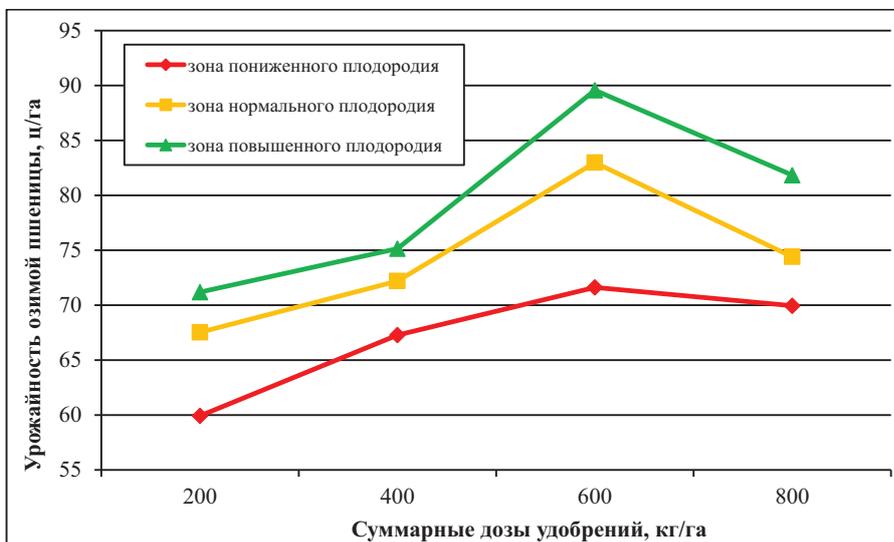


Рис. 6. График отзывчивости озимой пшеницы на различные дозы удобрений по зонам плодородия



### К вопросу о нормировании ДДЗ

Значения VI зависят от нормализации ДДЗ. Данные таблицы 4 не имеют большого разброса значений NDVI. Это достигнуто за счет применения к ДДЗ нормализации на основе спектральной окрестности линии почв (СОЛП — spectral neighborhood of soil line (SNSL)). Отметим, что усреднять ненормализованные значения NDVI бесполезно, т.к. один или два снимка могут иметь подавляющие значения. Поэтому, ненормализованное усреднение математически сведется к расчету по одному-двум кадрам ДДЗ, что противоречит самому принципу среднееголетнего усреднения. Можно добавить, что одной ТОА-коррекции недостаточно.

### О границах полей

При расчетах ASF-index используется схема полей с пространственной точностью не менее 1 м. При пространственном разрешении ДДЗ в 30 и 10 м, маска сельскохозяйственных угодий создается по высоко-детальным материалам, что позволяет бороться с краевыми эффектами, когда пиксель захватывает не сельскохозяйственные угодья. Для данной работы границы полей получены технологией ретроспективного мониторинга.

### Заключение.

Для сельскохозяйственного производителя России и зарубежья появился новый вегетационный индекс — ASF-index. Этот индекс прошел апробацию в восьми регионах России на площади более 25 000 га. На момент написания статьи ASF-index внедрен уже на более чем 100 тыс. га. Для сельскохозяйственного производителя ASF-index является картой устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почв. Индекс предназначен для использования в системах умного и точного земледелия. В этих системах ASF-index — это, прежде всего, карта отзывчивости сельскохозяйственных культур на средства химизации. Формирование на основании ASF-index карт заданий, позволяет добиться в системах точного земледелия повышения урожайности при сохранении общехозяйственных норм минеральных удобрений.

С точки зрения технологии расчетов, ASF-index является прямым следствием развития технологий больших данных в виде geographic big data и satellite big data. Применение geographic data mining позволяет отобрать из тысячи тысяч кадров ДДЗ на каждое сельскохозяйственное поле планеты несколько десятков кадров, пригодных для расчетов. После нормализации отобранных кадров производится расчет VI и их среднееголетнее усреднение. Таким образом, ASF-index является представителем среднееголетних VI.

В виде ASF-index сельскохозяйственному производителю становятся доступны и экономически оправданы большие спутниковые данные.

### Литература.

1. Precision agriculture: A smart farming approach to agriculture // Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. URL: <http://www.fao.org/e-agriculture/news/precision-agriculture-smart-farming-approach-agriculture>

### Об авторах:

**Шаповалов Дмитрий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, профессор кафедры почвоведения, экологии и природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8268-911X>, Scopus Author ID: 57190579516

**Королева Полина Владимировна**, научный сотрудник

**Калинина Наталья Валерьевна**, научный сотрудник

**Вильчевская Екатерина Владимировна**, ведущий инженер исследователь

**Куляница Андрей Леонидович**, доктор технических наук, заместитель директора

**Рухович Дмитрий Иосифович**, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией

2. Bach H., Mauser W. Sustainable Agriculture and Smart Farming / Mathieu PP, Aubrecht C. (eds) // Earth Observation Open Science and Innovation. ISSI Scientific Report Series. Vol. 15. Springer, Cham. 2018. P. 261-269. DOI: 10.1007/978-3-319-65633-5\_12

3. Levi W. Precision agriculture: A smart farming approach // SPOR: spore.sta.int. 2017. № 185. P. 4-7. URL: <http://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/90014/Spore-185-EN-WEB.pdf>

4. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: Колос С, 2011. 443 с.

5. Liu P. A survey of remote-sensing big data // Front. Environ. Sci. 2015. Vol. 3. Art. 45. DOI: 10.3389/fenvs.2015.00045.

6. Satellite Big Data: How It Is Changing the Face of Precision Farming // Farm Management tips. 2018. URL: <http://www.farmmanagement.pro/satellite-big-data-how-it-is-changing-the-face-of-precision-farming/>

7. ExactFarming. URL: <http://www.exactfarming.com/ru>

8. FarmersEdge. URL: <http://www.farmersedge.ca/ru>

9. Cropio. URL: <http://about.cropio.com/ru/>

10. ООО "Агроноут" // Skolkovo Community. URL: <http://sk.ru/net/1121390/>

11. Intterra. URL: <http://intterra.ru/ru>

12. AGRO-SAT Consulting GmbH. URL: <http://agro-sat.de>

13. NEXT Farming: Smarte Lösungen für Landwirte. URL: <http://www.nextfarming.de>

14. Немчинов Н. Дневник агронома: примените у себя // Поле августа : международная газета для земледельцев. М., 2018. № 12 (182). С. 5. URL: <http://www.avgust.com/newspaper/pdf/2018/12.pdf>

15. Технология составления карт внутриполевой неоднородности по данным ретроспективного мониторинга для составления карт заданий на дифференцированное внесение комплексных удобрений: результат интеллектуальной деятельности (ПИД) / ООО «Агроноут»; рук. Трубников А.В. М., 2018. №АААА-Г18-618030290009-4. URL: <http://rosrid.ru/rid/YVUTLONSZRTT3KN7ASFCEUEJ>

16. Openshaw S. Geographical data mining: key design issues // Proceedings of the 4th International Conference on GeoComputation, Fredericksburg, Virginia, USA, 25–28 July 1999. URL: [http://www.geocomputation.org/1999/051/gc\\_051.htm](http://www.geocomputation.org/1999/051/gc_051.htm)

17. Miller H.J., Goodchild M.F. Data-driven geography // GeoJournal. 2015. Vol. 80 (4). P. 449–461. DOI: 10.1007/s10708-014-9602-6

18. Bryzhev A.V., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Kalina N.V., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. Organization of retrospective monitoring of the soil cover of Rostov oblast // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48. № 10. P. 1029–1049. DOI: 10.1134/S1064229315100014

19. Рухович Д.И., Симакова М.С., Куляница А.Л., Брызжев А.В., Калинина Н.В., Королева П.В., Вильчевская Е.В., Долинина Е.А., Рухович С.В. Влияние лесополос на фрагментацию овражно-балочной сети и образование мочаров // Почвоведение. 2014. № 11. С. 1043–1045. DOI: 10.7868/S0032180X14110094

20. Рухович Д.И., Симакова М.С., Куляница А.Л., Брызжев А.В., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Долинина Е.А., Рухович С.В. Анализ применения почвенных карт в системе ретроспективного мониторинга состояния земель и почвенного покрова // Почвоведение. 2015. № 5. С. 605–625. DOI: 10.7868/S0032180X15050081

21. Лайель Ч. Основания геологии или перемены, происходившие некогда с землей и с ее обитателями / Пер. с 5-го изд.: В 2 т. М.: типогрфия Э. Барфхенхта и Ко, 1859.

22. Hutton J. Theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the Globe // Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 1788. V. 1. Part 2. P. 209–304.

23. Рухович Д.И., Симакова М.С., Куляница А.Л., Брызжев А.В., Королева П.В., Калинина Н.В., Черноусенко Г.И., Вильчевская Е.В., Долинина Е.А., Рухович С.В. Методология сравнения разновременных почвенных карт в целях выявления и описания динамики почвенного покрова на примере мониторинга засоления почв // Почвоведение. 2016. № 2. С. 164–181. DOI: 10.7868/S0032180X1602009X

24. Черноусенко Г.И., Калинина Н.В., Рухович Д.И., Королева П.В. Цифровая карта засоления почв Хакасии // Почвоведение. 2012. № 11. С. 1131–1146.

25. Рухович Д.И. Многолетняя динамика засоления орошаемых почв центральной части Голодной степи и методы её выявления : дис. ... канд. биол. наук / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова . М., 2009. 284 с.

26. McCarty J.L., Ellicott E.A., Romanenkov V., Rukhovich D., Koroleva P. Multi-year black carbon emissions from cropland burning in the Russian Federation // Atmospheric Environment. 2012. V. 63. P. 223–238. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.08.053

27. Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Vilchevskaya E.V., Kolesnikova L.G., Romanenkov V.A. Constructing a spatially-resolved database for modelling soil organic carbon stocks of croplands in European Russia // Regional Environmental Change. 2007. Vol. 7. № 2. P. 51–61. DOI: 10.1007/s10113-007-0029-1

28. Королева П.В., Рухович Д.И., Рухович А.Д., Рухович Д.Д., Куляница А.Л., Трубников А.В., Калинина Н.В., Симакова М.С. Местоположение открытой поверхности почвы и линии почвы в спектральном пространстве RED-NIR // Почвоведение. 2017. № 12. С. 1435–1446. DOI: 10.7868/S0032180X17100045

29. Рухович Д.И., Рухович А.Д., Рухович Д.Д., Симакова М.С., Куляница А.Л., Брызжев А.В., Королева П.В. Информативность коэффициентов а и b линии почв для анализа материалов дистанционного зондирования // Почвоведение. 2016. № 8. С. 903–917. DOI: 10.7868/S0032180X16080128

30. Рухович Д.И., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Симакова М.С., Долинина Е.А., Рухович С.В. Государственная почвенная карта — версия ArcInfo // Почвоведение. 2013. № 3. С. 251–267. DOI: 10.7868/S0032180X13030088

31. Рухович Д.И., Шаповалов Д.А. Продовольственная безопасность России: взгляд из космоса на засуху и урожай // Власть. 2015. № 8. С. 101–107.

32. Рухович Д.И., Шаповалов Д.А. Об особенностях мониторинга почвенно-земельного покрова как информационной основы эффективного землепользования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. № 12 (131). С. 31–49.

33. Федоренко В.Ф., Рухович Д.И., Королева П.В., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В., Трубников А.В., Мишуров Н.П. Оценка внутриполевой неоднородности почвенного покрова для технологий координатного земледелия // Техника и оборудование для села. 2017. № 9 (243). С. 2–6.

34. Дубинин М. Вегетационные индексы. 2006. URL: <http://gis-lab.info/qa/vi.html>

35. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS / Proceedings of Third ERTS Symposium, Washington, D.C., USA, 10–14 Dec. 1973 (NASA SP-351). 1974. Vol. 1. P. 309–317.

36. Kauth R.J., Thomas G.S. The tasseled Cap — A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by LANDSAT / Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, West Lafayette, Indiana, 29 June — 1 July 1976. P. 4B-41 to 4B-51.

37. Носов В.В. Экономическая оценка применения минеральных удобрений в России в современных условиях. 2015. URL: [http://eeca-ru.ipni.net/ipniweb/region/eecarunsf/0/5187B34B53F5AD2E43257E510027CF05/\\$FILE/Economic%20assessment%20of%20fertilizer%20use%20in%20Russia\\_RUS.pdf](http://eeca-ru.ipni.net/ipniweb/region/eecarunsf/0/5187B34B53F5AD2E43257E510027CF05/$FILE/Economic%20assessment%20of%20fertilizer%20use%20in%20Russia_RUS.pdf)

38. Калькулятор удобрений. URL: <http://eurochem-nakazot.ru/calculator/index.html>

39. Богатырева Е.Н., Серая Т.М., Бирюкова О.М., Кирдун Т.М., Белявская Ю.А., Торчило М.М. Коэффициенты пересчета зерна и семян в побочную продукцию и содержание основных элементов питания в побочной продукции сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь // Почвоведение и агрохимия. 2016. № 2(57). С. 78–90.

40. EarthExplorer: Landsat Collection-1 Level-1 // USGS : science for a changing world. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>

41. Copernicus Open Access Hub: Sentinel-2 // ESA Copernicus. URL: <http://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>



# ASF-INDEX — A MAP OF STABLE INTRA-FIELD HETEROGENEITY OF SOIL COVER FERTILITY, BASED ON BIG SATELLITE DATA FOR PRECISION AGRICULTURE TASKS

D.A. Shapovalov<sup>1</sup>, P.V. Koroleva<sup>2</sup>, N.V. Kalinina<sup>2</sup>, E.V. Vilchevskaya<sup>2</sup>, A.L. Kulyanitsa<sup>3</sup>, D.I. Rukhovich<sup>2</sup>

<sup>1</sup> State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

<sup>2</sup> FGBNU VV Dokuchaev Soil science institute, Moscow, Russia

<sup>3</sup> OOO "IT Parma", Moscow, Russia

The analysis of the use of ASF-index in precision farming systems is performed. The mathematical, biological and agrotechnical components of the ASF-index are established. Mathematically, the ASF-index is a type of long-term vegetation index based on the processing of large arrays of remote sensing data — Satellite Big Data, Remote Sensing Big Data. The normalization of remote sensing data required for calculations is based on the spectral neighborhood of soil line. Biologically, the ASF-index is an indicator of different levels of soil fertility within the same agricultural field — a map of stable intra-field heterogeneity of fertility. Agronomically, the ASF-index reflects the different responsiveness of parts of the field to the use of mineral fertilizers. Agrotechnically, the ASF-index is the basis for generating task maps for precision farming systems, as it allows to calculate the rates of differentiated application of chemicals for different zones of soil fertility. ASF-index allows to achieve maximum productivity at a given level of chemicalization. Legally ASF-index — know how of the Agronote company.

**Keywords:** ASF-index, stable intra-field heterogeneity of fertility, precision farming, remote sensing data, vegetation indices

## References

- Precision agriculture: A smart farming approach to agriculture // Food and Agriculture Organization of the United Nation. 2017. URL: <http://www.fao.org/e-agriculture/news/precision-agriculture-smart-farming-approach-agriculture>
- Bach H., Mauser W. Sustainable Agriculture and Smart Farming / Mathieu PP, Aubrecht C. (eds) // Earth Observation Open Science and Innovation. ISSI Scientific Report Series. Vol. 15. Springer, Cham. 2018. Pp. 261-269. DOI: 10.1007/978-3-319-65633-5\_12
- Levi W. Precision agriculture: A smart farming approach // SPORE : spore.sta.int. 2017. № 185. Pp. 4-7. URL: <https://cgspage.cgiar.org/bitstream/handle/10568/90014/SpoRe-185-EN-WEB.pdf>
- Kiryushin V.I. The theory of adaptive-landscape farming and the design of agrolandscapes. Moscow: Kolos S, 2011. 443 p.
- Liu P. A survey of remote-sensing big data // Front. Environ. Sci. 2015. Vol. 3. Art. 45. DOI: 10.3389/fenvs.2015.00045.
- Satellite Big Data: How It Is Changing the Face of Precision Farming // Farm Management tips. 2018. URL: <http://www.farmmanagement.pro/satellite-big-data-how-it-is-changing-the-face-of-precision-farming/>
- ExactFarming. URL: <http://www.exactfarming.com/en/>
- FarmersEdge [Electronic resource]. URL: <https://www.farmersedge.ca/>
- Cropio URL: <http://about.cropio.com/#top>
- LLC "Agronote" // Skolkovo Community. URL: <http://sk.ru/net/1121390>
- Intterra URL: <http://intterra.ru/ru>
- AGRO-SAT Consulting GmbH. URL: <http://agro-sat.de>
- NEXT Farming: Smarte Lösungen für Landwirte. URL: <http://www.nextfarming.de/>
- Nemchinov N. "Agronote": use it yourself // Field of august: international newspaper for farmers. Moscow, 2018. No 12 (182). P. 5. URL: <http://www.avgust.com/newspaper/pdf/2018/12.pdf>
- The technology of creation of intra-field heterogeneity maps according to retrospective monitoring for tasks maps of the differential application of complex fertilizers development: the result of intellectual activity (RID) / LLC "Agronote"; Trubnikov A.V. Moscow, 2018. № AAAA-F18-618030290009-4. URL: <http://rosrid.ru/rid/YVUTLONSZRTT3KN7ASFCEUEJ> [in Russian]
- Openshaw S. Geographical data mining: key design issues // Proceedings of the 4th International Conference on GeoComputation, Fredericksburg, Virginia, USA, 25–28 July 1999. URL: [http://www.geocomputation.org/1999/051/gc\\_051.htm](http://www.geocomputation.org/1999/051/gc_051.htm)
- Miller H.J., Goodchild M.F. Data-driven geography // GeoJournal. 2015. Vol. 80 (4). P. 449–461. DOI: 10.1007/s10708-014-9602-6
- Bryzhev A.V., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. Organizational retrospective monitoring of the soil cover of Rostov oblast. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2015. V. 48. No 10. Pp. 1029-1049. DOI: 10.1134/S1064229315100014
- Rukhovich D.I., Simakova M.S., Bryzhev A.V., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V., Kulyanitsa A.L. Impact of shelterbelts on the fragmentation of erosional networks and local soil waterlogging. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2014. V. 47(11). Pp. 1086-1099. DOI: 10.1134/S106422931411009X
- Rukhovich D.I., Simakova M.S., Kulyanitsa A.L., Bryzhev A.V., Kalinina N.V., Koroleva P.V., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. Analysis of the application of soil maps for retrospective monitoring of soil cover // *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2015. No 5. Pp. 605-625 DOI: 10.7868/S0032180X15050081
- Lyell C. Principles of geology or changes that once occurred with the Earth and its inhabitants / Transl. from the 5th ed. : In 2 vols. Moscow: E. Barfknecht and Co., 1859.
- Hutton J. The theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the Globe // Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 1788. V. 1. Part 2. P. 209–304.
- Rukhovich D.I., Simakova M.S., Kulyanitsa A.L., Bryzhev A.V., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Chernousenko G.I., Vilchevskaya E.V., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. Methodology for comparing soil maps of different dates with the aim to reveal and describe changes in the soil cover by the example of soil salinization monitoring. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2016. V. 49(2) Pp. 145-162. DOI: 10.1134/S1064229316020095
- Chernousenko G.I., Kalinina N.V., Rukhovich D.I., Koroleva P.V. Digital map of salt-affected soils of Khakassia. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2012. V. 45(11) Pp. 997-1012. DOI: 10.1134/S1064229312110026
- Rukhovich D.I. Long-term dynamics of salinization of irrigated soils in the central part of the Golodnaya Steppe and methods of its identification: Candidate's Dissertation in Biology/ Moscow State University. Moscow, 2009. 284 p.
- McCarty J.L., Ellicott E.A., Romanenkov V., Rukhovich D., Koroleva P. Multi-year black carbon emissions from cropland burning in the Russian Federation // Atmospheric Environment. 2012. V. 63. P. 223-238. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.08.053
- Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Vilchevskaya E.V., Kolesnikova L.G., Romanenkov V.A. Constructing a spatially-resolved database for modelling soil organic carbon stocks of croplands in European Russia // Regional Environmental Change. 2007. Vol. 7. № 2. Pp. 51-61. DOI: 10.1007/s10113-007-0029-1
- P.V. Koroleva, D.I. Rukhovich, A.D. Rukhovich, D.D. Rukhovich, A.L. Kulyanitsa, A.V. Trubnikov, N.V. Kalinina, M.S. Simakova Location of bare soil surface and soil line on the RED-NIR spectral plane. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2017. V. 50(12). Pp. 1375–1385. DOI: 10.1134/S1064229317100040
- Rukhovich D.I., Rukhovich A.D., Rukhovich D.D., Simakova M.S., Kulyanitsa A.L., Bryzhev A.V., Koroleva P.V. The informativeness of coefficients a and b of the soil line for the analysis of remote sensing materials *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2016. V. 49. № 8. Pp. 831-845. DOI: 10.1134/S1064229316080123
- Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Kalinina N.V., Vilchevskaya E.V., Simakova M.S., Dolinina E.A., Rukhovich S.V. State soil map of the Russian Federation: an ArcInfo version. *Pochvovedenie* = Eurasian Soil Science. 2013. V. 46 № 3 Pp. 225 — 240 DOI: 10.1134/S1064229313030083
- Rukhovich D.I., Shapovalov D.A. Food security of Russia: a view from space on drought and harvest. *Vlast* = Power. 2015. № 8. Pp. 101-107.
- Rukhovich D.I., Shapovalov D.A. On peculiarities of monitoring of land cover as an information basis for effective land use. *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel* = Land administration, inventory and monitoring of land. 2015. № 12 (131). Pp. 31-49
- Fedorenko V.F., Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Vilchevskaya E.V., Kalinina N.V., Trubnikov A.V., Mishurov N.P. Estimation of soil cover non-uniformity in field conditions for coordinate farming technologies. *Texnika i oborudovanie sela* = Machinery and Equipment for Rural Area. 2017. No 9 (243). Pp. 2-6.
- Dubin M. Vegetation indices. 2006. URL: <http://gis-lab.info/qa/vi.html>
- Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS // Proceedings of Third ERTS Symposium, Washington, D.C., USA, 10–14 Dec. 1973 (NASA SP-351). 1974. Vol. 1. Pp. 309-317.
- Kauth R.J., Thomas G.S. The tasseled Cap — A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by LANDSAT / Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, West Lafayette, Indiana, 29 June — 1 July 1976. P. 4B-41 to 4B-51.
- Nosov V.V. Economic assessment of the use of mineral fertilizers in Russia in modern conditions 2015. URL: [http://eeca-ru.ipni.net/ipniweb/region/eecaru.nsf/0/5187B34B53F5AD2E43257E510027CF05/\\$FILE/Economic%20assessment%20of%20fertilizer%20use%20in%20Russia\\_RUS.pdf](http://eeca-ru.ipni.net/ipniweb/region/eecaru.nsf/0/5187B34B53F5AD2E43257E510027CF05/$FILE/Economic%20assessment%20of%20fertilizer%20use%20in%20Russia_RUS.pdf)
- Fertilizer calculator URL: <http://eurochem-nakazot.ru/calculator/index.html> [in Russian]
- Bogatyeva E.N., Seraya T.M., Biryukova O.M., Kir-dun T.M., Belyavskaya Yu.A., Torchilo M.M. The coefficients for the conversion of grain and seeds into by-products and the content of basic nutrients in the by-products of agricultural crops in the Republic of Belarus. *Pochvovedenie i agrokimiya* = Soil science and agrochemistry. 2016. No. 2 (57). Pp. 78-90.
- EarthExplorer: Landsat Collection-1 Level-1 // USGS : science for a changing world. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>
- Copernicus Open Access Hub: Sentinel-2 // ESA Copernicus. URL: <http://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

## About the authors:

**Dmitry A. Shapovalov**, doctor of technical sciences, professor, pro-rector for research and innovation, professor of the department of soil science, ecology and environmental sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8268-911X>, Scopus Author ID: 57190579516

**Polina V. Koroleva**, researcher

**Natalia V. Kalinina**, researcher

**Ekaterina V. Vilchevskaya**, leading engineer researcher

**Andrey L. Kulyanitsa**, doctor of technical sciences, deputy director

**Dmitry I. Rukhovich**, candidate of biological sciences, head of laboratory

shapoval\_ecology@mail.ru



## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ОСНОВЕ КАДАСТРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Р.В. Жданова, Д.И. Долгопятов

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»,  
г. Москва, Россия

В статье авторами рассмотрены экономическая эффективность управления земельными ресурсами на основе кадастровой информации, общие принципы управления земельными ресурсами, а также формирование механизма экономического регулирования управления земельными ресурсами на примере Московской области. Приведена система экономических регуляторов управления земельными ресурсами. Даны определения экономических регуляторов. На примере Министерства имущественных отношений Московской области рассмотрена эффективность ведения управления земельными ресурсами, а также направление и использование бюджетных средств. Проведен анализ поступления доходов в бюджет Московской области. Из проведенных исследований были сделаны выводы.

**Ключевые слова:** управление земельными ресурсами, кадастровая информация, система, экономические регуляторы, ведение, эффективность, доход, бюджет.

Для рационального использования земель каждый объект недвижимости имеет свои особенности, соответственно для рационального использования земель необходимо эффективное и научно обоснованное управление процессами, в которые вовлечены участники земельных отношений. Главной информационной основой управления земельными ресурсами, конечно, является Единый государственный реестр недвижимости, сведения которого дают возможность принимать как оперативные, так и качественные управленческие решения в области реализации земельной политики административно-территориального образования.

Также важно создание правовых, экономических и организационных предпосылок для различных форм хозяйствования на земле.

Особенно важно отметить, что самостоятельно определить перспективу развития муниципального образования, обеспечить целенаправленное выполнение поставленных задач не могут по отдельности муниципальные образования, государство, предприятия и организации. Только скоординированное взаимодействие

всех участников обеспечивает продуманное и согласованное развитие территории. На рисунке 1 представлены общие принципы управления земельными ресурсами.

Деятельность администрации муниципального образования должна способствовать тому, чтобы на муниципальном уровне управления использование местных ресурсов регулировалось в соответствии с целями развития муниципального образования путем воздействия на факторы, предопределяющие эффективность результатов деятельности администрации.

Особенно актуален сегодня вопрос распоряжения земельными участками, или реализации права собственника на вовлечение в оборот недвижимого имущества. Как уже было отмечено выше, муниципалитет реализует данные полномочия в пределах земель, находящихся в его собственности. В соответствии с действующим земельным законодательством, предоставление земельного участка осуществляется после проведения работ по его формированию и кадастровому учету. Соответственно целям устойчивого социально-экономического развития му-

ниципального образования строится система показателей.

Если рассматривать Московскую область, то по своему значению она имеет особенное место среди субъектов Российской Федерации, что обусловлено непосредственной близостью столицы и сосредоточением большинства культурных, промышленных, экономических, торговых, социально-бытовых и других народно-хозяйственных объектов, непосредственно связанных с землей.

Механизм экономического регулирования управления земельными ресурсами формируется системой мер экономического воздействия, направленных на реализацию земельной политики государства, обеспечение прав землевладельцев и землепользователей и др. Система экономических регуляторов управления земельными ресурсами показана на рисунке 2 [5, 6].

Правильный выбор показателя экономической эффективности – необходимое условие для принятия оперативного и оптимального управленческого решения в сфере землепользования [7, 8].

### Общие принципы управления земельными ресурсами

Приоритет государственного управления земельными ресурсами

Дифференцированный подход к управлению землями разных категорий и регионов, согласно которому правовое обеспечение управления землями должно осуществляться с учетом их экономических, природных и социальных особенностей

Принцип рационального использования земель

Единство управления земельными ресурсами и управления территориями

Организационная согласованность использования земель и управления территориями

Рис. 1. Общие принципы управления земельными ресурсами



Экономический механизм управления земельными ресурсами должен быть основан на использовании земельной ренты в качестве основы для формирования системы экономических регуляторов с другими экономическими рычагами (ценами, ссудным процентом, подоходным налогом и т. д.) [4].

Рента — устойчивый доход, прямо не связанный с предпринимательской деятельностью. Земельная рента имеет иную природу. Как известно, земельный собственник может вести хозяйство самостоятельно, но может и передать свое право использования земли в аренду предпринимателю. В соответствии с условиями арендного договора последний временно получает право монопольного хозяйствования на данном участке, за что и выплачивает землевладельцу арендную плату. Превращение части прибыли арендатора в земельную ренту обусловлено именно данной монополией [1].

Дифференциальная (разностная) рента возникает на основе монополии на землю как объект хозяйствования, так как каждый предприниматель получает в свое распоряжение конкретный, ограниченный в натуре участок.

По качеству они могут значительно различаться и при равновеликих затратах обеспечивать получение разного количества продукции, а следовательно, и прибыли.

С увеличением спроса на сельскохозяйственную продукцию в хозяйственный оборот вовлекаются худшие участки земли, с которых получают обычную прибыль, а со средних и лучших — более высокую. Дополнительная прибыль и превращается затем в дифференциальную ренту.

Дифференциальную ренту подразделяют на ренту I и ренту II. Дифференциальную ренту I определяют как разницу между ценой производства сельскохозяйственной продукции на наихудших землях и индивидуальной ценой производства на лучших и средних земельных участках. Объективное условие ее образования — более высокое плодородие земель и лучшее месторасположение по отношению к рынкам сбыта, пунктам приобретения средств производства, транспортным магистралям и т. д. Дифференциальную ренту II определяют как разницу между общественной и индивидуальной ценой производства, которая образуется за счет дополнительных вложений капитала в одни и те же участки земли как землевладельцем, так и арендатором.

Монополия земельная рента образуется на землях исключительного качества, на которых возможно производство редких по своим потребительским свойствам видов сельскохозяйственной продукции. Например, южная приморская зона Краснодарского края, уникальная для России, имеет земли, пригодные для возделывания субтропических культур и чая, особых лекарственных трав. Наличие частной собственности на землю обуславливает возникновение абсолютной ренты как части прибавочной стоимости, присваиваемой государством и другими землевладельцами в силу монополии собственности на землю.

Одна из важнейших составных частей механизма экономического регулирования земельных отношений — платность пользования землей. Законодательство Российской Федерации предусматривает такие формы платы за землю, как земельный налог и арендная плата. За земельные участки, находящиеся в собственно-

сти, пожизненном наследуемом владении, безсрочном (постоянном) пользовании, взимается земельный налог, а за арендуемые участки — арендная плата.

В условиях рынка земли для ее купли-продажи может потребоваться банковский кредит. Это вызывает необходимость установления нормативной цены земли, а также системы льгот при налогообложении.

Земельный налог выражает отношения между обществом и земельным собственником. Ставки земельного налога должны отражать единый процесс рентообразования, то есть устанавливаться с учетом дифференциальной, абсолютной и монопольной земельной ренты и их рентообразующих факторов. Земельный налог должен поступать в распоряжение субъектов Федерации и муниципальных образований и использоваться для обустройства их территорий, проведения землеустроительных и земельно-кадастровых работ, повышения плодородия почв, развития производственной и социальной инфраструктуры.

Арендная плата — это отражение отношений по поводу использования земельных угодий между собственниками земли и арендаторами, устанавливаемая за объект недвижимого имущества. Она включает, как минимум, три составные части: земельную ренту, амортизацию капитала, вложенного в здания и сооружения, а также процент за пользование капиталом.

Залоговая стоимость земельного участка — это переплетение интересов участвующих в данной операции объектов, нахождение ими коммерческого компромисса. При этом финансовые структуры заинтересованы в защите от коммерческого риска, своевременном возврате кредита и надлежащих платежах за него. Получающий же кредит землевладелец заинтересован в получении суммы, соответствующей реальной стоимости закладываемого участка. Главное назначение залога земли — дать ее владельцу финансовые

ресурсы для укрепления материально-технической базы своего хозяйства и на этой основе обеспечить его рентабельную работу. Залоговую цену определяют на рентной основе и индексируют с учетом инфляции на момент оформления ипотечного договора. Ипотека — разновидность залога недвижимого имущества (главным образом земли и строений) с целью получения ссуды.

Необходимость информационного обеспечения в области управления земельными ресурсами обуславливается причинами, показанными на рисунке 3.

Под информационным обеспечением управления земельными ресурсами понимают систему сбора, обработки и представления информации, необходимой для принятия управленческих решений по использованию земельных ресурсов на всех административно-территориальных уровнях.

В основу деятельности органов местного самоуправления и, в частности, администрации, должно быть положено информационное обеспечение, которое в соответствии с состоянием внутренней и внешней среды, с выявленным типом муниципального образования позволяет осуществлять поиск, оценку вариантов развития и принимать управленческие решения для достижения поставленных целей. Эффективность управления земельными ресурсами зависит от тщательной, комплексной и своевременно собранной информации.

Обработка огромных массивов количественных, качественных, стоимостных и правовых данных о каждом контуре земельных угодий, хозяйственной и административной единицы, их динамике под силу лишь современным компьютерным системам с набором автоматизированных рабочих мест. Функционирование информационного обеспечения управления земельными ресурсами следует осуществлять на трех уровнях: Российская Федерация, субъекты Федерации, муниципальные образования [3].

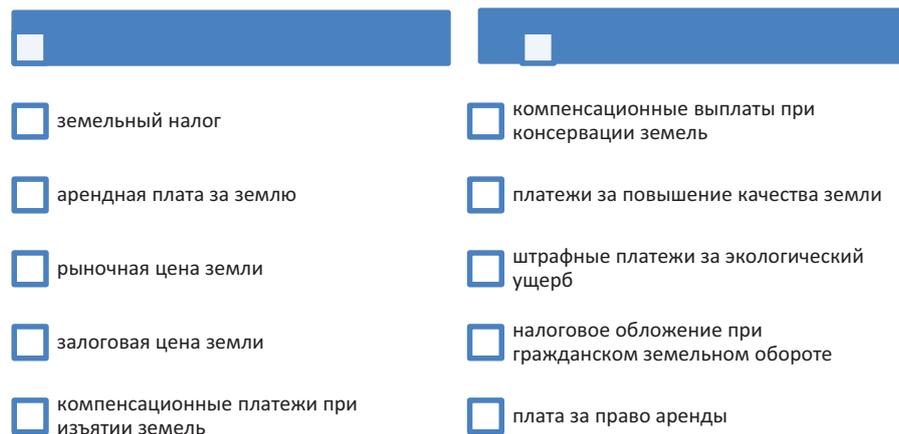


Рис. 2. Система экономических регуляторов

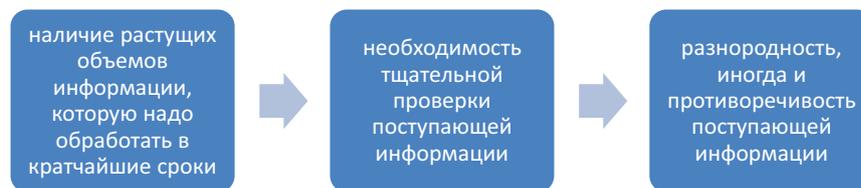


Рис. 3. Причины, обуславливающие необходимость информационного обеспечения в области управления земельными ресурсами



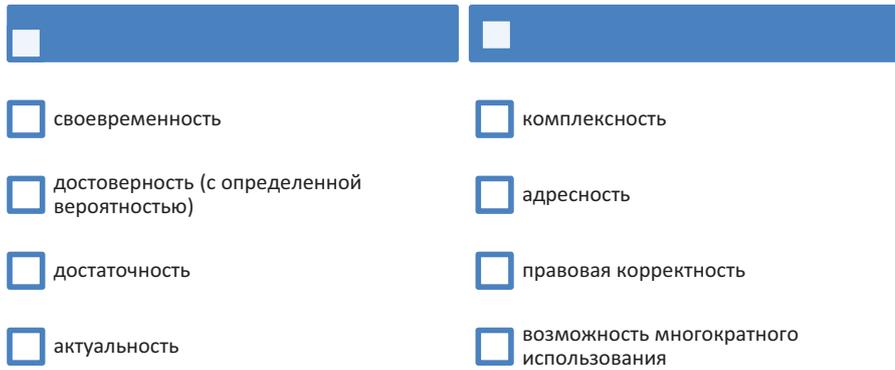


Рис. 4. Основные требования к качеству земельно-кадастровой информации

На рисунке 4 представлены основные требования к качеству земельно-кадастровой информации.

На основе земельно-кадастровой информации можно:

- гарантировать права собственности на объекты земельно-имущественного комплекса;
- регистрировать права собственности на объекты земельно-имущественного комплекса;
- решать земельные споры;
- поддерживать экономически эффективное развитие земельного оборота;
- планировать землепользование.

На рисунке 5 представлены требования, которые предъявляются к информационной базе земельно-кадастровых данных.

Далее рассмотрим экономическую эффективность управления земельными ресурсами на примере Московской области. В 2018 г. значительный объем бюджетных средств был направлен на решение очередных региональных задач, а именно:

- повышение оплаты труда работникам бюджетной сферы;
- капитальные вложения в объекты общего образования с целью ликвидации второй смены и поддержания односменного режима обучения;
- строительство и реконструкция учреждений здравоохранения и социального обслуживания населения, физкультурно-оздоровительных комплексов, стадионов, спортивных сооружений;

- обеспечение условий для развития доступной и качественной медицины;
- восстановление инфраструктуры военных городков;
- реконструкция и капитальный ремонт объектов жилищно-коммунального хозяйства, водохозяйственного комплекса, рекультивация полигонов твердых бытовых отходов;
- строительство и ремонт автомобильных дорог регионального и межмуниципального значения.

Учет имущества Московской области представлен в таблице 1 [9].

Доходы, поступающие от областного имущества, представлены в таблице 2. Общие поступления составляют 3230 млн руб. [9].

Поступление дохода от продажи имущества: реализовано 7 имущественных комплексов на общую сумму 463 млн руб., что составляет 96,5% плана; три пакета акций на сумму 1,069 млрд руб., что составляет 100% плана [9].

Передача имущества в собственность Московской области: 94 объекта недвижимости имущества, 8177,3 га земельных участков.

Передача в муниципальную собственность: 784 объекта недвижимости имущества, 377,4 га земельных участков.

Вовлечено в хозяйственный оборот земельных участков: предоставлено для реализации инвестиционных проектов распоряжением Губернатора 15905 га; реализовано с торгов на право заключения договоров аренды 42 га; продано 17 га.

Впервые в России в 2018 г. проведена государственная кадастровая оценка по новому



Рис. 5. Основные требования к содержанию кадастровой информации

Таблица 1

Учет имущества Московской области

Реестр имущества Московской области	Количество
ГУП Московской области	28
Государственные учреждения Московской области	737
Хозяйственные общества, по которым Минмособлимущество осуществляет права акционера / участника	35
Объекты недвижимости имущества, составляющих казну Московской области	3362
Объекты недвижимости имущества, находящиеся в собственности и расположенные за пределами Московской области	356
Земельные участки	8821

Таблица 2

Доходы, поступающие от имущества Московской области

Наименование	Количество
Сдача в аренду имущества и земельных участков	943
Приватизация имущества и земельных участков	1557
От прибыли ГУП Московской области	149
Участие в процедурах банкротства	193
Дивиденды по акциям	25
Иные поступления (за исключением вида разрешенного использования)	20
Плата за изменение вида разрешенного использования	343



федеральному закону № 237-ФЗ ГБУ МО «Центр кадастровой оценки». Утверждены результаты 12,3 млн объектов недвижимости, вступили в силу для налогообложения с 01.01.2019 г.

Результат проведения кадастровой оценки показал:

- снижение налога на жилую недвижимость и дачи дает социальный эффект для 5 млн граждан;
- рост налога плюс 300 млн руб. (снижение земельного налога на 1 млрд руб. компенсировано ростом налога на объекты капитального строительства плюс 1,3 млрд руб.) [9].

За счет ввода в эксплуатацию новых торговых центров утвержден новый перечень в количестве 3183 объектов с дополнительным включением плюс 1068 торговых центров относительно 2018 г. Соответственно за счет этого произошел рост налога плюс 1,1 млрд руб. с учетом новой кадастровой оценки. Налоговая нагрузка на торговые центры при ставке 1,5% в 1,8 раза ниже, чем в г. Москве [9].

Определение экономической эффективности управления земельными ресурсами классическими методами затруднено в связи с множественностью участников земельных отношений, и приемы ее расчета требуют совершенства-

ния. Решение задач управления возможно через создание целостной системы управления земельными ресурсами, которая бы максимально учитывала концептуальные особенности земли [2]. При управлении земельными ресурсами необходимо учитывать интересы всех субъектов земельных правоотношений: государства и его органов власти, физических и юридических лиц. Создание эффективной и динамичной системы управления земельными ресурсами — главная современная стратегическая задача, стоящая не только перед государством, но и перед субъектом Российской Федерации.

#### Литература

1. Варламов А.А. Учет земельной ренты при оценке земельных участков // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2006. № 5. С. 34-37.
2. Варламов А.А., Гальченко С.А., Шаповалов Д.А., Смирнова М.А., Комаров С.И. Управление земельными ресурсами: электронный учебник. М., 2008.
3. Варламов А.А., Гальченко С.А., Ломакин Г.В. Содержание и методы получения, сбора и хранения земельно-кадастровой информации // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг: сборник трудов / МАИ (ГЭИ); Институт литосферы РАН. М., 1995. Вып. 1. С. 81-93.

4. Гридюшко А.Н. Рента: проблемы формирования и перераспределения // Вестник Белорусской сельскохозяйственной академии. 2013. № 2. С.13-20.

5. Жданова Р.В. Важнейшие задачи и проблемы эффективного управления земельными ресурсами // Проблемы и перспективы современного эффективного землепользования. М.: ГУЗ, 2013. С. 133-136.

6. Жданова Р.В. Расчет эффективности сельскохозяйственного землепользования в муниципальных образованиях Воронежской области // Аграрная Россия. 2010. № 5. С. 46-49.

7. Жданова Р.В. Эффективность управления сельскохозяйственным землепользованием муниципальных образований на основе кадастровой информации (на примере Воронежской области): автореф. дис. ... канд. экон. наук. М., 2010. 24 с.

8. Гальченко С.А., Жданова Р.В., Лойко П.Ф., Рассказова А.А. Факториальные и результативные показатели экономической эффективности устойчивого сельскохозяйственного землепользования // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 3. С. 48-49.

9. Отчетные и аналитические материалы. Министерство имущественных отношений Московской области. URL: <http://mio.mosreg.ru>

10. Doing Business 2018. Economy Profile. The World Bank, Washington, 2017. URL: <http://www.doingbusiness.org/>

Об авторах:

**Жданова Руслана Владимировна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры землепользования и кадастров, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9069-1559>, [zhdanova1604@yandex.ru](mailto:zhdanova1604@yandex.ru)

**Долгопятов Дмитрий Игоревич**, магистрант кафедры землепользования и кадастров, [dolgopyatov94@yandex.ru](mailto:dolgopyatov94@yandex.ru)

## ECONOMIC EFFICIENCY OF LAND MANAGEMENT BASED ON CADASTRAL INFORMATION

R.V. Zhdanova, D.I. Dolgopyatov

State university of land use planning, Moscow, Russia

This article discusses the economic efficiency of land management based on cadastral information. The authors consider the general principles of land management, as well as the formation of a mechanism for economic regulation of land management on the example of the Moscow region. This article describes the system of economic regulators of land management. Definitions of economic regulators are given. On the example of the Ministry of property relations of the Moscow region, the efficiency of land management, as well as the direction and use of budget funds, is considered. The analysis of income receipt in the budget of the Moscow region is carried out. Conclusions were drawn from the research.

**Keywords:** land management, cadastral information, system, economic regulators, introduction, efficiency, revenue, budget.

#### References

1. Varlamov A.A. Accounting for land rents when evaluating land plots. *Ekonomika selskokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij* = Economy of agricultural and processing enterprises. 2006. No. 5. Pp. 34-37.
2. Varlamov A.A., Galchenko S.A., Shapovalov D.A., Smirnova M.A., Komarov S.I. Land management: electronic textbook. Moscow, 2008.
3. Varlamov A.A., Galchenko S.A., Lomakin G.V. Content and methods of obtaining, collecting and storing land cadastre information. Applied geoecology, emergencies, land cadastre and monitoring: collection of works. MAI (SEI); Institute of lithosphere of the Russian academy of sciences. Moscow, 1995. Vol. 1. Pp. 81-93.

4. Gridyushko A.N. Rent: problems of formation and redistribution. *Vestnik Belorusskoj selskokhozyajstvennoj akademii* = Bulletin of the Belarusian agricultural academy. 2013. No. 2. Pp. 13-20.

5. Zhdanova R.V. The most important tasks and problems of effective land management. Problems and prospects of modern effective land use. Moscow: GUZ, 2013. Pp. 133-136.

6. Zhdanova R.V. Calculation of efficiency of agricultural land use in municipalities of the Voronezh region. *Agrarnaya Rossiya* = Agrarian Russia. 2010. No. 5. Pp. 46-49.

7. Zhdanova R.V. Efficiency of management of agricultural land use of municipalities on the basis of cadastral infor-

mation (on the example of the Voronezh region). Extended abstract of candidate's thesis. Moscow, 2010. 24 p.

8. Galchenko S.A., Zhdanova R.V., Lojko P.F., Rasskazova A.A. Factorial and effective indicators of economic efficiency of sustainable agricultural land use. *Mezhdunarodnyj selskokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2019. No. 3. Pp. 48-49.

9. Reporting and analytical materials. Ministry of property relations of the Moscow region. URL: <http://mio.mosreg.ru>

10. Doing Business 2018. Economy Profile. The World Bank, Washington, 2017. URL: <http://www.doingbusiness.org/>

About the authors:

**Ruslana V. Zhdanova**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of land use and cadastres, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9069-1559>, [zhdanova1604@yandex.ru](mailto:zhdanova1604@yandex.ru)

**Dmitriy I. Dolgopyatov**, master student of the department of land use and cadastres, [dolgopyatov94@yandex.ru](mailto:dolgopyatov94@yandex.ru)

[zhdanova1604@yandex.ru](mailto:zhdanova1604@yandex.ru)



# АГРОЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ СЕВОБОРОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

О.А. Лавренникова, Е.А. Бочкарев, С.Н. Зудилин

ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»,  
Самарская область, г. Кинель, Россия

Разработка и освоение проектов внутрихозяйственного землеустройства на агроландшафтной основе способствует рациональной организации территории сельскохозяйственных предприятий, в результате повышается эффективность использования земельных ресурсов, улучшается экологическая обстановка сельских территорий, а ведение сельского хозяйства становится прибыльным. Важным инструментом в создании землеоценочной основы для точных систем земледелия являются ГИС-технологии. В настоящее время ГИС (геоинформационные системы) являются необходимым компонентом в системе комплексного управления хозяйством. Цель исследований заключалась в оптимизации использования земельного фонда и разработка геоинформационного обеспечения агроландшафтного проектирования на уровне отдельного сельскохозяйственного предприятия СПК «Красный Путь» Самарской области. Создана почвенная карта землепользования. В качестве фоновых компонентов почвенного покрова выступают черноземы южные 58,3% и черноземы типичные 39,3%. Составлены карты обеспеченности почв гумусом и основными макроэлементами. Путем взаимного наложения электронных карт выявлены участки земель для размещения севооборотов. Было запроектировано 2 полевых севооборота и 1 кормовой севооборот. По каждой группе земель, выделенной для размещения определенного севооборота, была определена проектная площадь и основные условия, подлежащие учету при проектировании севооборотов, также выделялись однородные участки по почвенным условиям, уклону и рельефу местности, по требованию механизации обработки почвы, наличию развивающихся эрозионных процессов. Результатом работы является оптимизация структуры сельскохозяйственных угодий, составление тематических карт, цифровой модели рельефа местности, выполнена топографическая привязка землепользования, запроектированы севообороты в соответствии с агроландшафтными условиями землепользования для разработки и внедрения инновационных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** агроландшафт, оптимизация, ГИС-технологии, севооборот, рельеф, карта, цифровая модель, эффективность.

**Введение.** В соответствии с Земельным Кодексом Российской Федерации и Федеральным законом «О землеустройстве» организационно-территориальные условия экологически безопасного сельскохозяйственного землепользования устанавливаются в порядке землеустройства [1].

Землеустройство должно иметь государственный характер и быть основным рычагом государства в осуществлении любых земельных преобразований.

В последние годы возникла необходимость распространения концепции адаптивного земледелия на землепользование в целом, принятия ее в качестве объединяющей концептуальной основы, системы научных взглядов, обеспечивающей главное направление поиска как путей сохранения и повышения природно-ресурсного потенциала сельского хозяйства, так и сохранения и улучшения средообразующей роли ландшафтов рассматриваемых территорий [3].

Наиболее приемлемым и эффективным механизмом формирования устойчивого землепользования считается проведение землеустройства на эколого-ландшафтной основе в совокупности с адаптивно-ландшафтными системами земледелия. В этом сочетании эколого-ландшафтная организация территории является территориально-конструктивной основой этой комбинации, а адаптивно-ландшафтная система земледелия дополняет ее агрономической и технологической составляющими.

По мнению ведущих ученых и специалистов (С.Н. Волков, В.И. Кирышина, А. Н. Каштанова и др.) организация эффективного и рациональ-

ного внутрихозяйственного проекта землеустройства должна конструироваться на ландшафтной системе [9].

При землеустройстве сельскохозяйственных предприятий на агроландшафтной основе большое значение при выделении первичных единиц агроландшафтных объектов принадлежит агроландшафтному и агроэкологическому районированию [2].

Анализ качественного состояния земель показывает, что на территории Самарской области наблюдается устойчивая тенденция активной деградации почвенного покрова, отражающаяся на продуктивности земель и вызывающая расширение ареалов проблемных и кризисных экологических ситуаций [8].

Проблему оптимизации землепользования и сохранения экологического каркаса природных комплексов на современном этапе невозможно решить без применения информационных технологий. Внедрение геоинформационных систем с легкостью позволят автоматизировать процесс организации территории севооборотов.

В качестве средств информационной поддержки лиц, принимающих решение по управлению сельскохозяйственным производством необходимо создание и использование геоинформационной системы проектирования агроландшафтов, которая представляет систему сбора, хранения, систематизации и обработки информации о территориальном распространении, пространственно-временном функционировании агро-экосистем и их компонентов. Анализ опыта использования ГИС-технологий для решения задач агроландшафтного проек-

тирования показал, что существующие научные разработки не позволяют в полной мере выполнить комплексный анализ состояния территории, кроме того, назрела необходимость создания геоинформационной технологии проектирования агроландшафтов [7].

Сельское хозяйство относится к числу важнейших отраслей экономики, имеющих приоритетное направление развития. Динамичное развитие аграрного производства требует создания высокоэффективной системы земледелия, внедрения современных технологий сбора и обработки информации, необходимой в процессе сельскохозяйственного производства для решения многочисленных задач планирования, прогноза, анализа, моделирования и др. В настоящее время широко применяются космические информационные технологии, такие, как дистанционное зондирование, спутниковая навигация (системы ГЛОНАСС/GPS). Они обеспечивают не только данными, необходимыми для оценки состояния сельхозугодий (выращиваемых культур, почв, тепловлагодобеспеченности и других показателей), но и координатами местоположения обрабатывающих агрегатов и участков поля, нуждающихся в специальной обработке, что создает основы для применения методов точного земледелия. Практически вся информация в сельском хозяйстве имеет пространственную привязку, поэтому географические информационные системы (ГИС) являются наиболее эффективным средством сбора, обработки и предоставления информации в отрасли [13].

При проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия, геоинформационные



системы предоставляют всю необходимую информацию для принятия проектных решений по размещению сельскохозяйственных культур, дифференциации технологий их возделывания при различных уровнях интенсификации производства, территории с учетом ландшафтных связей, то есть формирования систем земледелия [4].

ГИС-технологии являются необходимым компонентом в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, позволяющие повышать урожайность и качество продукции, оптимизировать внесение удобрений, средств защиты растений, операции по уборке урожая, а также более эффективно организовать использование оборудования и сохранять историю применяемых методов и полученных результатов [10].

**Цель исследований.** Оптимизация использования земельного фонда и разработка геоинформационного обеспечения агроландшафтного проектирования на уровне отдельного сельскохозяйственного предприятия.

**Объект и методика исследований.** Объектом исследований является территория землепользования СПК «Красный Путь» Самарской области. Для работы использованы данные почвенного обследования, карта внутрихозяйственного землеустройства, почвенная карта масштаба 1:25000.

Согласно природно-климатическому районированию Самарской области, территория землепользования расположена в IV агроклиматическом районе и характеризуется умеренно континентальным климатом слабого увлажнения с жарким летом и продолжительной зимой. Гидротермический коэффициент равен 0,7-0,8.

Зональные особенности структуры почвенного покрова, проявленные в определенных сочетаниях типов и подтипов почв, степени их эродированности, засоленности тесно связаны с геолого-геоморфологическим строением территории.

Почвенная карта является основным научным документом, на базе которого возможна грамотная оценка земельных фондов, а также разработка системы практических мероприятий, направленных на повышение плодородия почв. Важнейшим условием для ведения рационального сельского хозяйства является обновление устаревших почвенных карт и актуализация информации о состоянии и свойствах почвенного покрова.

В ходе составления почвенной карты, был проведен сбор исходных картографических, справочных и статистических материалов по данному землепользованию. За основу была взята топографическая карта масштаба 1:50000. В результате проведения оцифровки топографической карты был создан векторный слой с отрисованными изолиниями характеристик рельефа. Далее для каждого слоя электронной карты создавалась атрибутивная база данных, содержащая соответствующую информацию по каждому контуру. В состав базы данных почвенного покрова входит следующая информация: номер контура, состав почв, генетическую характеристику почвообразующих пород и их гранулометрический состав, площадь контура.

Основной частью блока данных о почвах и почвенном покрове является сеть выделов почвенной карты, к которым привязывается атрибутивная информация о свойствах и специфике почвенного покрова. По возможности, выделы оцифрованной почвенной карты корректируются в ГИС с использованием введенной в базу данных информации о рельефе и на основе компьютерного дешифрирования дистанционных материалов, в некоторых случаях, при анализе земельных ресурсов отдельных угодий, данные о свойствах почв не привязываются к делам почвенной карты, а экстраполируются средствами по материалам данных полевых обследований почв. Набор почвенных атрибутов, необходимых для анализа, обобщают проводимые исследования.

Создание цифровой почвенной карты с соответствующей базой данных позволяет визуализировать результаты комплексного пространственного анализа, не используя методы почвенной съемки.

Природное разнообразие рельефа, климатических условий и почвенного покрова определяют современное агропроизводственное состояние почв. Одним из важнейших критериев, определяющих качественные показатели почв, является их агрохимическая характеристика.

Крупномасштабное обследование почв осуществляется имеющимися в каждой области центрами агрохимической службы. В Самарской области контроль осуществляет станция агрохимической службы «Самарская». По данным полевых обследований составлены картограммы обеспеченности почв гумусом, азотом, фосфором и калием. Масштаб агрохимических картограмм равен масштабу почвенных карт (в степной зоне 1:25000).

Для оценки рельефа землепользования должны быть учтены многие его характеристики, основными из которых являются морфометрические показатели рельефа (расчлененность территории, крутизна склонов и их экспозиция).

В целях полного и всестороннего учета рельефа составлена карта крутизны склонов. Далее было выполнено создание на основе топографической карты по горизонталям и точкам высот цифровой модели рельефа. Переход к трехмерному представлению объектов на местности открывает новые возможности и позволяет решить многие землеустроительные задачи.

При создании 3D модели карты были применены программы: MapInfo Professional 12.0 и «SAS. Планета 151111.9233 Stable». В качестве исходных данных использовалась топографическая карта «Топо Карта (маршруты.ру)» из программы «SAS. Планета 151111.9233 Stable». Набор исходных данных представлен в виде координат в проекции Mercator/WGS84 и горизонталей.

В качестве растровой подложки была использована сельскохозяйственная карта местности М 1:25000. Листы карты были отсканированы с небольшим перекрытием на широкоформатном (формата А0) сканере 42" Xerox CSTF XEScan, затем «склеены» векторизатором Easy Trace, после чего было проведе-

но редактирование карты средствами Adobe Photoshop. Векторные слои высотных горизонталей и тематических слоев сельскохозяйственной карты (слои типов почв, уклонов, внутрихозяйственного устройства) были получены в программном продукте MapInfo Professional. Слои впоследствии были наложены на растровую подложку. Затем полученные растры были наложены на полученную трехмерную модель рельефа. Для создания географического контекста ситуации, необходима топографическая карта на соответствующий район. Далее проводится построение интерполированной поверхности следующим образом: на созданном слое «горизонталей», имеются координаты каждой точки пикета с соответствующими высотами. Эти данные вносятся в таблицу. Таблица состоит из колонок: X, Y, H. С помощью введенных данных, программа будет производить обработку. В результате получим интерполированную поверхность.

Следующий этап — создание тематической карты. В программе MapInfo Professional выбираем: «Меню» → «Карта» → «Создать тематическую карту». Завершающий этап — создание 3D карты. Для этого выбираем: «Меню» → «Карта» → «Создать 3D-карту». Трёхмерную карту можно вращать по всем трём осям XYZ. Таким образом, можно просматривать сельскохозяйственные земли в реалистичном отображении.

**Результаты и обсуждение исследований.** Наиболее важным и актуальным вопросом ландшафтно-экологического землеустройства является определение оптимального соотношения структуры угодий, которое формирует условия для ведения эффективного земледелия и воспроизводства ресурсного потенциала земли.

Состав и соотношение угодий являются основополагающим звеном агроландшафта. В агроландшафте экологическое равновесие достигается путем оптимального сочетания пашни, луга, леса, вод и других компонентов агросреды [11].

Согласно методике [6] было рассчитано оптимальное соотношение сельскохозяйственных угодий для данного хозяйства. Доля пашни в южных черноземах должна составлять 42%, под сенокосы следует отвести 36% территории и 22% — под пастбища для поддержания адекватности биоэнергетического потенциала территории. В соответствии с современным состоянием производства и специализацией хозяйства осуществлять переход к такому соотношению угодий следует поэтапно.

Коэффициент экологической стабильности территории составляет 0,32 против проектного 0,25. Такое соотношение угодий будет способствовать созданию экологически сбалансированного и устойчивого каркаса агроландшафта. Его можно рекомендовать на перспективу с последующим переходом всей организации производства хозяйства к данной структуре.

При проектировании севооборотов необходимо создать наилучшие условия для повышения плодородия почв. Это обеспечит постоянный рост производства продукции полеводства и расширенное воспроизводство почвенного плодородия.



Перед размещением полей и рабочих участков выделяют агроэкологические группы земель, в составе которых выделяют агроэкологические типы земель. Типы земель выделяют по признакам экологической однородности условий возделывания сельскохозяйственных культур. На территории землепользования выполнена агропроизводственная группировка почв, даны рекомендации по использованию, особенности агротехники и мероприятия

по улучшению. Установлено пять агрогрупп почв: пахотные почвы лучшего качества, пахотные почвы хорошего качества, пахотные почвы среднего качества, пахотные почвы ниже среднего качества и лучшие почвы сенокосов и пастбищ. Приблизительно 1700 га пашни занимают пахотные земли лучшего качества, которые представлены черноземом южным среднегумусным среднемоющим тяжелосуглинистым и черноземом типичным остаточно-луговым

среднегумусным среднемоющим тяжелосуглинистым. Они не имеют агроэкологических ограничений, пригодны под пашню в полевых и кормовых севооборотах. На землях других агрогрупп рекомендована зональная агротехника, внесение органических удобрений, оптимизация минерального питания, противоэрозийные мероприятия.

В результате проведенной агроэкологической классификации на территории землеполь-

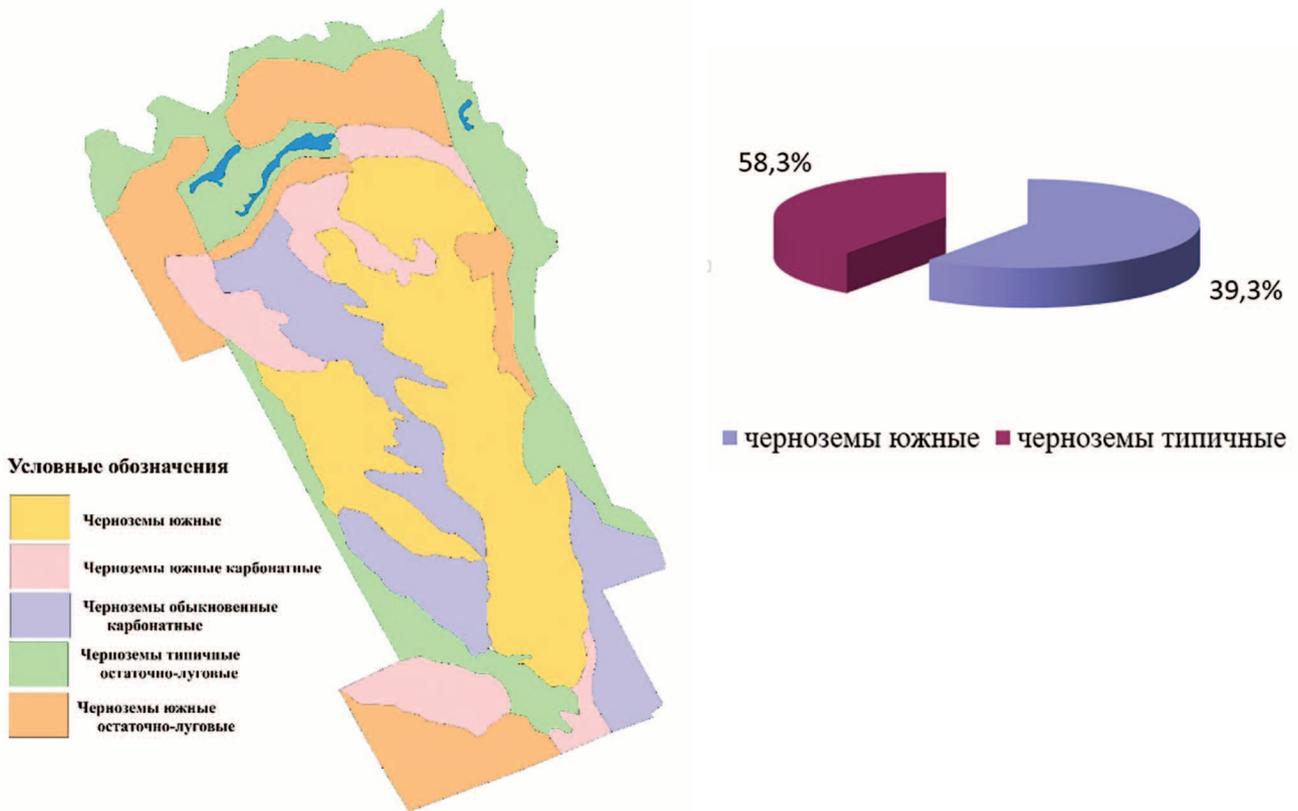


Рис. 1. Почвенная карта землепользования

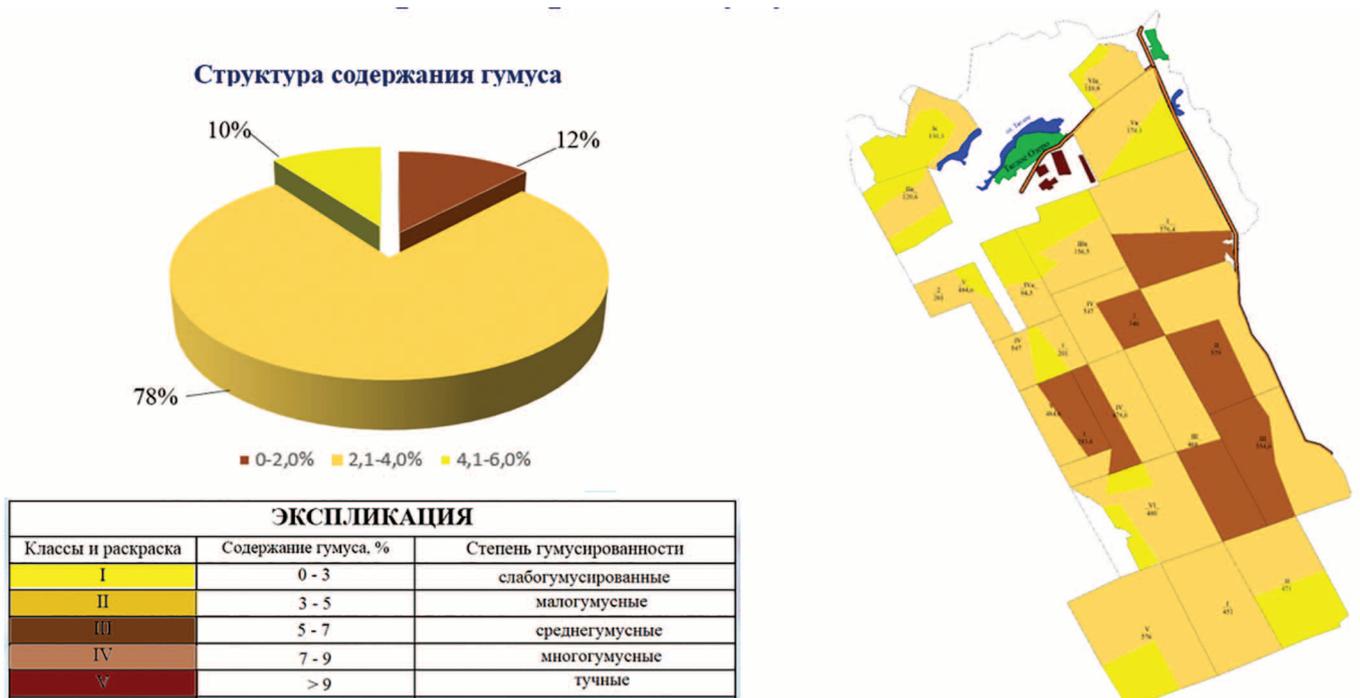


Рис. 2. Карта обеспеченности почв гумусом



зования были выделены следующие категории земель, которые имеют различные возможности и ограничения в использовании: плакорные, эрозионно-опасные и эродированные, переувлажненные, земли оврагов и балок.

При осуществлении комплексного подхода по изучению ряда показателей и агроэкологической оценки землепользования был создан следующий картографический материал и получены данные:

1. Создана почвенная карта землепользования. В качестве фоновых компонентов почвенного покрова выступают черноземы южные 58,3% и черноземы типичные 39,3% (рис. 1).

2. Составлены карты обеспеченности почв гумусом (рис. 2), азотом (рис. 3), подвижным фосфором (рис. 4) и обменным калием (рис. 5).

Данная информация необходима для разработки научно обоснованной системы удобрений и мероприятий по повышению почвенного плодородия.

3. Построена карта крутизны склонов в программе MapInfo 12, по которой можно сделать следующие выводы: СПК «Красный Путь» имеет плакорный и склоновый типы местности. Преобладающим уклоном является склоны от 0 до 3°, что составляет (88%) от общей площади хозяйства. На склоны крутизной 3-5° приходится 10% исследуемой территории (рис. 6).

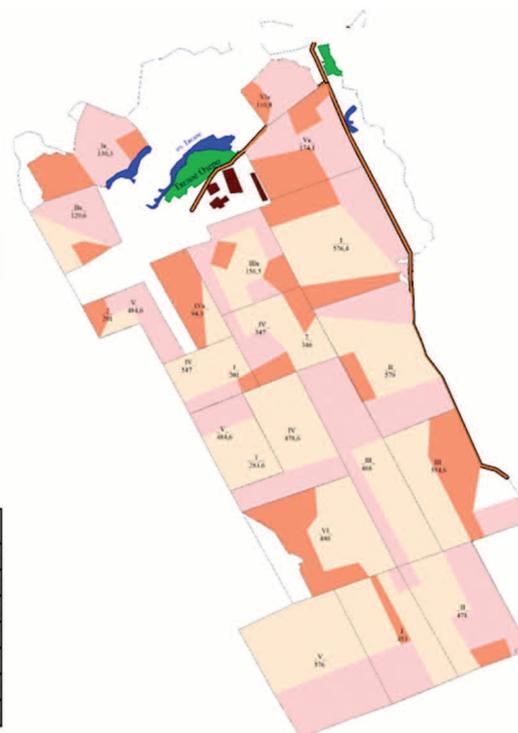


Рис. 3. Карта обеспеченности почв азотом

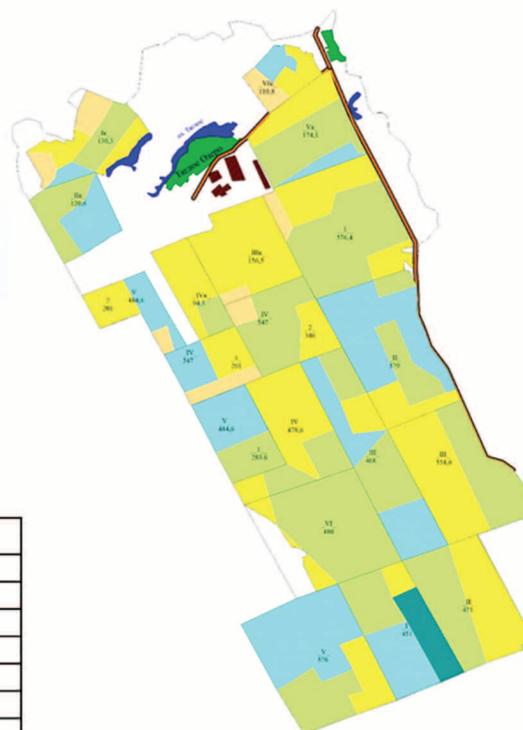


Рис. 4. Карта обеспеченности почв фосфором

В результате электронные карты содержат всю необходимую информацию для принятия проектных решений по размещению сельскохозяйственных культур, дифференциации технологий их возделывания при различных уровнях интенсификации производства, оптимальной организации территории с учетом ландшафтных связей, то есть формирования системы земледелия и агротехнологий.

На каждое поле и рабочий участок представляется возможным создание агрохимического паспорта поля, что повышает эффективность использования земель (рис. 7).

Путем взаимного наложения электронных карт выявлены участки земель для размещения севооборотов. Для СПК «Красный Путь» было запроектировано 2 полевых севооборота и 1 кормовой севооборот.

По каждой группе земель, выделенной для размещения определенного севооборота, была определена проектная площадь и основные условия, подлежащие учету при проектировании. При проектировании севооборотов выделялись однородные участки по почвенным условиям, уклону и рельефу местности, по требованию механизации обработки почвы, наличию развивающихся эрозионных процессов.

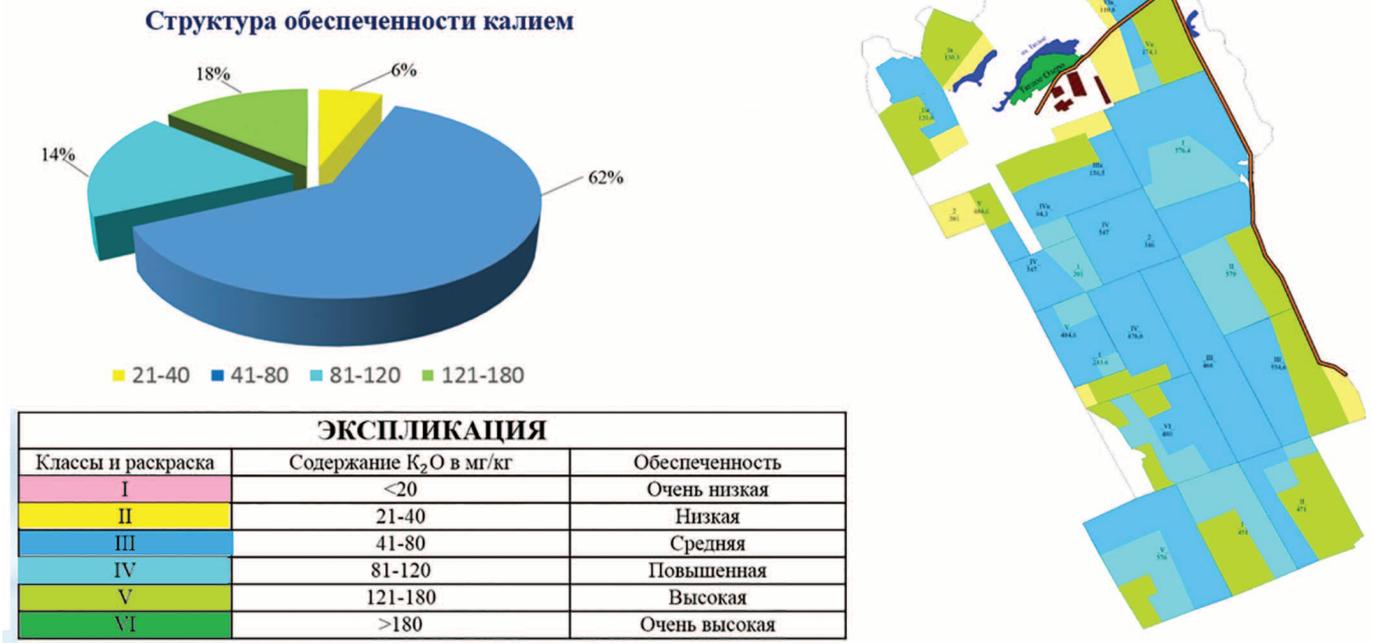


Рис. 5. Карта обеспеченности почв калием

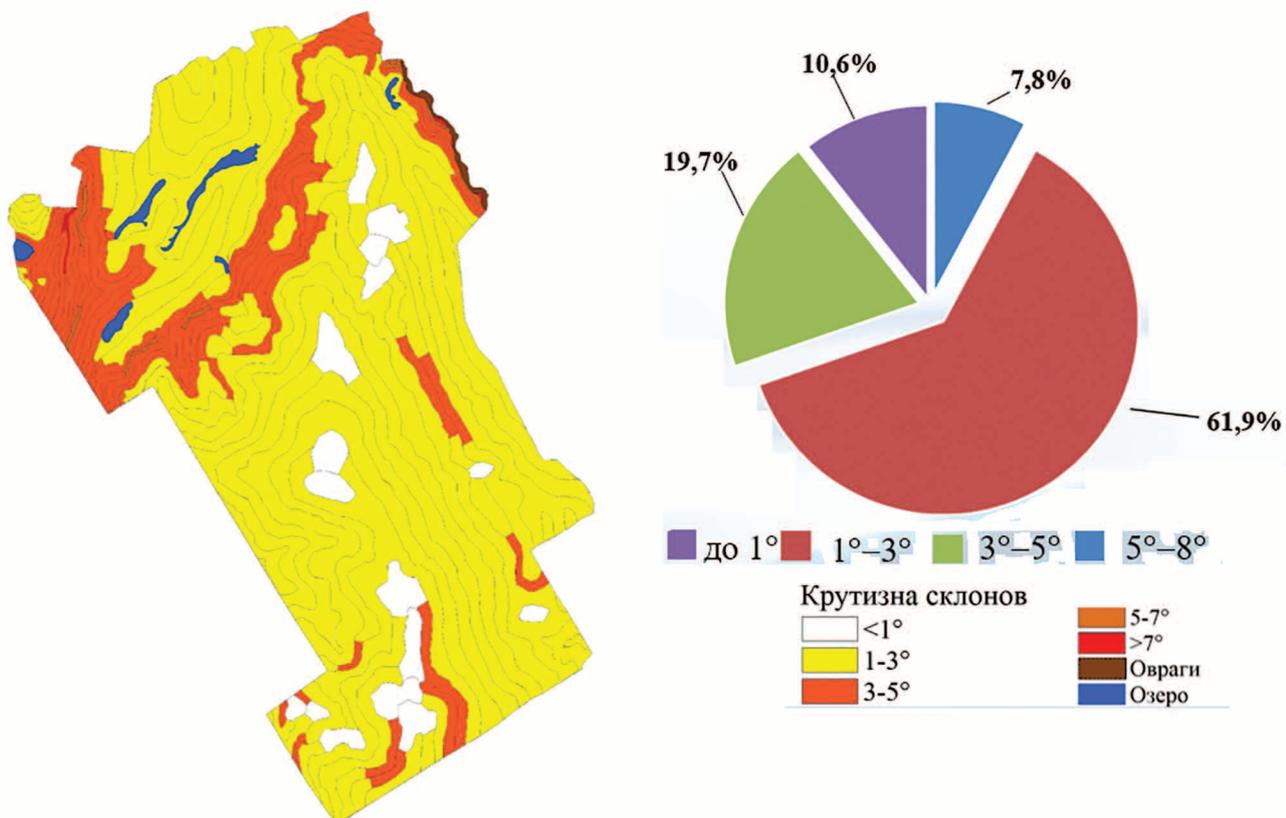


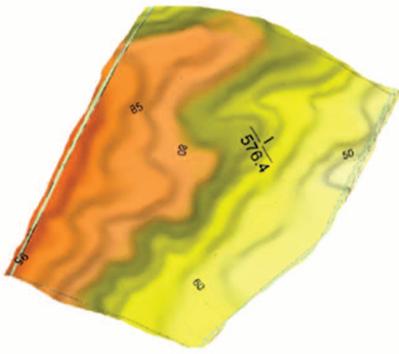
Рис. 6. Карта крутизны склонов



## АГРОХИМИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ПОЛЯ

ПОЛЕ № I

Площадь 576,4 га



Обеспеченность почв питательными веществами	
Средневзвешенное значение	
Гумус	4,3%
Фосфор	78 мг/кг
Калий	40 мг/кг
Азот	62 мг/кг

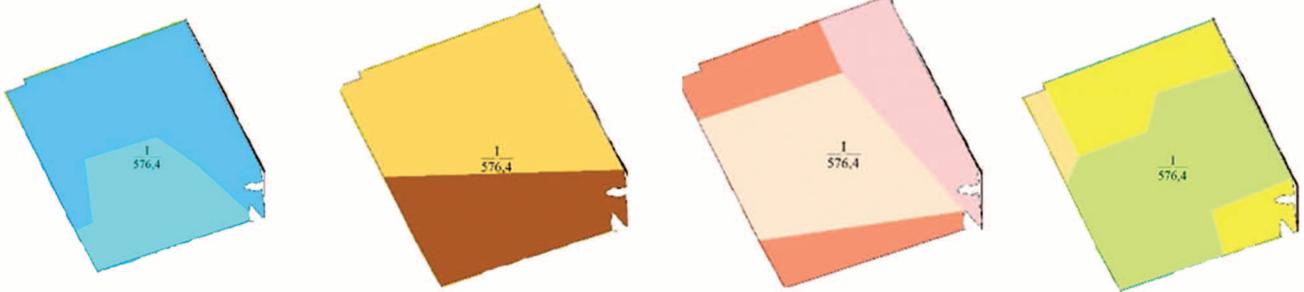


Рис. 7. Фрагмент поля севооборота

Размещение полей севооборотов заключается в правильном проектировании их площади; конфигурации и компактности; направления длинных сторон в соответствии с производственными требованиями, с учётом рельефа, вредоносных ветров и других природных факторов, а также существующего устройства территории.

Проектирование лесных насаждений — неотъемлемый компонент системы устройства территории севооборотов и мероприятий по повышению продуктивности, сохранению и улучшению земельных угодий. ГИС-технологии позволяют более рационально запроектировать лесополосы с учетом всех факторов. Для снижения действия водной и ветровой эрозии и для увеличения накопления влаги по проекту предусматривается создание системы лесонасаждений на пастбищах и на пашне общей площадью 21 га. Полезащитные лесные насаждения обладают долговечностью и стабильностью влияния на окружающую среду, улучшают экологическую обстановку, значительно повышают биоэнергетический потенциал полей и обеспечивают прибавку урожая с защищенной площади 2,5-3,0 ц/га.

Трансформация угодий позволила устранить ряд недостатков землепользования: вкрапливания и кливнивания, вывести из использования в пашне деградированные и малопродуктивные земли.

На основании ГИС-технологий была разработана структурно-функциональная схема организации земель и севооборотов средствами ГИС, благодаря которой можно автоматизировать процесс землеустроительного проектирования. Все элементы находятся в тесной связи и их размещение взаимосогласованное.

**Заключение.** Таким образом, землеустройство оказывает существенное влияние на формирование агроландшафтов. Оно способ-

ствует выявлению почв для сельскохозяйственного освоения, повышения урожайности сельскохозяйственных растений, эффективной специализации сельского хозяйства. При агроландшафтном землеустройстве снижается нагрузка на землю, создаются необходимые условия для сохранения и восстановления утраченного плодородия почв. Это свидетельствует о важности проведения агроландшафтного землеустройства в хозяйствах для рационального использования земельных ресурсов и охраны природы [14].

Более широкое внедрение и освоение проектов внутрихозяйственного землеустройства на агроландшафтной основе, переход к оптимизации интенсивного природопользования посредством организации территории агроландшафтов в системе экологически сбалансированной экономики землевладения и землепользования с учетом формирования рабочих участков и их устойчивого развития на перспективу позволяют целенаправленно изменять пространственно-функциональные свойства ландшафтов, определять состав и направленность хозяйственных мероприятий и, как результат, добиваться повышения экономической эффективности использования земельных ресурсов, рентабельного ведения сельскохозяйственного производства.

Применение ГИС-технологий является необходимым компонентом в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, позволяющее повышать урожайность и качество продукции, оптимизировать внесение удобрений, средств защиты растений и рационально использовать земельные ресурсы.

## Литература

1. Федеральный закон «О землеустройстве» от 18.06.2001 № 78-ФЗ

2. Автушенко К.В. Организация территории землепользования на агроландшафтной основе // Экономика и экология территориальных образований. 2106. № 2. С.133-135.

3. Волков С.Н. Землеустроительные работы на землях сельскохозяйственного назначения в России — решение проблем // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2012. № 9. С. 21.

4. Гиниятов И.А. Геоинформационное обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Вестник СГУГиТ. 2017. URL: [http://catalog.sfu-kras.ru/cgi-bin/irbis64r\\_14](http://catalog.sfu-kras.ru/cgi-bin/irbis64r_14)

5. Емельянова Т.А. Экологическое агропроизводство в России целесообразность и реальность // Московский экономический журнал. 2016. № 1. URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34226316>.

6. Еремина Р.Ф. Методика определения оптимального соотношения земельных угодий для агроландшафтов лесостепи ЦЧЗ на биоэнергетической основе. Курск: ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. 2009. 39 с.

7. Жданов С.А. Разработка геоинформационного обеспечения агроландшафтного проектирования на уровне сельскохозяйственного предприятия. Автореферат дис...канд. т. наук. Барнаул, 2007. 23 с.

8. Иралиева Ю.С. Мониторинг использования сельскохозяйственных земель в земельном фонде Самарской области // Достижения науки агропромышленному комплексу: сборник научных трудов Международной межвузовской научно-практической конференции. Самара: РИЦ СГСХА, 2014. С. 41-45.

9. Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.

10. Кривонок Ю.Л., Нарожная А.Г., Петрякова А.А., Смирнова Л.Г. Применение геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 11. С. 11-14.



11. Лавренникова О.А., Бочкарева Н.П. Оптимизация структуры угодий как основа экологической устойчивости агроландшафта. // Инновационная наука. 2015. № 4. С. 53-55.

12. Лавренникова О.А. Оптимизация структуры угодий и севооборотов на агроэкологической осно-

ве. // Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию создания кафедры Землеустройство и кадастры и 70-летию со дня рождения основателя кафедры, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Туктарова Б.И. 2015. С. 206-209.

13. Темников В.Н. Применение геоинформационных систем в сельском хозяйстве России // Никоновские чтения. 2008. С. 614-617.

14. Хисматуллина Р.М. Организация агроландшафтного землеустройства. URL: <http://kadastr.org/conf/2015/pub/monitprir/organizaciya-agrolandshaftnogo-zenleustroystva.html>

#### Об авторах:

**Лавренникова Ольга Алексеевна**, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры Землеустройство, почвоведение и агрохимия, olalav21@mail.ru

**Бочкарев Евгений Александрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры Землеустройство, почвоведение и агрохимия, b\_zemlya@mail.ru

**Зудилин Сергей Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой Землеустройство, почвоведение и агрохимия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6113-5043>, zudilin\_sn@mail.ru

## AGROLANDSCAPE APPROACH TO THE ORGANIZATION OF THE TERRITORY OF CROP ROTATION USING GIS TECHNOLOGIES

**O.A. Lavrennikova, E.A. Bochkarev, S.N. Zudilin**

FSBEI HE Samara state agrarian university

The development and development of on-farm land management projects on an agrolandscape basis contributes to the rational organization of the territory of agricultural enterprises, as a result, the efficiency of land use is improved, the ecological situation of rural areas is improved, and farming becomes profitable. An important tool in creating a land valuation framework for accurate farming systems is GIS technology. At present, GIS (geographic information systems) are a necessary component in the system of integrated management of the economy. The purpose of the research was to optimize the use of the land Fund and develop geo-information support for agricultural landscape design at the level of a separate agricultural enterprise of the SEC "Red Way" of the Samara region. A soil map of land use has been created. The background components of the soil cover are southern black soil 58.3% and typical black soil 39.3%. Maps of soil availability with humus and basic macronutrients have been compiled. By overlapping electronic maps, land plots for placing crop rotations were identified. 2 field crop rotations and 1 forage crop rotation were designed. For each group of land allocated for certain rotation, was determined the surface area and the main conditions to be considered when designing crop rotations is also distinguished by homogeneous sites according to soil conditions, slope and terrain, at the request of the mechanization of soil tillage, presence of developing erosive processes. The result of the work is the optimization of the structure of agricultural land, compilation of thematic maps, a digital model of the terrain, topographic reference of land use is made, crop rotation is designed in accordance with agro-landscape conditions of land use for the development and implementation of innovative technologies for the cultivation of agricultural crops.

**Keywords:** agrolandscape, optimization, GIS technology, crop rotation, relief, map, digital model, efficiency.

#### References

1. Federal law "About Land Management" of 18.06.2001 No. 78-FZ
2. *Autushenko K.V.* Organization of land use territory on an agrolandscape basis. *Ekonomika i ekologiya territorial'nyh obrazovaniy* = Economics and ecology of territorial entities. 2106. № 2. Pp.133-135.
3. *Volkov S.N.* Land management work on agricultural lands in Russia — solving problems. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel* = Land management, cadastre and land monitoring. 2012. No. 9. Pp. 21.
4. *Giniyatov I.A.* Geoinformation support for monitoring agricultural lands. *Vestnik SGUGiT* = Bulletin of SSUGiT. 2017. URL: [http://catalog.sfu-kras.ru/cgi-bin/irbis64r\\_14](http://catalog.sfu-kras.ru/cgi-bin/irbis64r_14).
5. *Emelyanova T.A.* Ecological agricultural production in Russia expediency and reality. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal* = Moscow Economic Journal. 2016. No. 1. URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34226316>.
6. *Eremina R.F.* The methodology for determining the optimal ratio of land for agro-landscapes of the forest-

steppe of the Central Committee for Health on a bioenergy basis. Kursk: GNU All-Russian research institute of agriculture and soil protection from erosion. 2009. 39 p.

7. *Zhdanov S.A.* Development of geographic information support for agrolandscape design at the level of an agricultural enterprise. Abstract for the degree of candidate sciences. Barnaul, 2007. 23 p.

8. *Iralieva Yu.S.* Monitoring the use of agricultural land in the land fund of the Samara region. Achievements of science to the agro-industrial complex: collection of scientific papers of the international inter-university scientific and practical conferences. Samara: RIC SGTSHA, 2014. Pp. 41-45.

9. *Kiryushin V.I., Ivanov A.L.* Agroecological assessment of lands, design of adaptive-landscape systems of agriculture and agricultural technologies methodological guide. Moscow: FGNU "Rosinformagroteh", 2005. 784 p.

10. *Krivokon Yu.L., Narozhnaya A.G., Petryakova A.A., Smirnova L.G.* The use of geographic information systems for agroecological assessment of land in the design of adaptive landscape farming systems. *Dostizheniya nauki i*

*tekhniki APK* = Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2011. No. 11. Pp. 11-14.

11. *Lavrennikova O.A. Bochkareva N.P.* Optimization of land structure as the basis for environmental sustainability of agrolandscape. *Innovacionnaya nauka* = Innovation Science. 2015. No. 4. Pp. 53-55.

12. *Lavrennikova O.A.* Optimization of the structure of land and crop rotation on an agroecological basis. Collection of articles of the international scientific-practical conference dedicated to the 15th anniversary of the Department of land management and cadastres and the 70th anniversary of the founder of the department, doctor of agricultural sciences, professor B.I. Tuktarov 2015. Pp. 206-209.

13. *Temnikov V.N.* The use of geographic information systems in agriculture in Russia. *Nikonovskie chteniya* = Nikon readings. 2008. Pp. 614-617.

14. *Khismatullina, R.M.* Organization of agrolandscape land management. URL: <http://kadastr.org/conf/2015/pub/monitprir/organizaciya-agrolandshaftnogo-zenleustroystva.html>

#### About the authors:

**Olga A. Lavrennikova**, candidate of biological sciences, associate professor, associate professor of the department of land management, soil science and agrochemistry, olalav21@mail.ru

**Evgeny A. Bochkarev**, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of land management, soil science and agrochemistry, b\_zemlya@mail.ru

**Sergey N. Zudilin**, doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of land management, soil science and agrochemistry, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6113-5043>, zudilin\_sn@mail.ru

olalav21@mail.ru



# РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВ НА РЕПЕРНЫХ УЧАСТКАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

П.М. Орлов, Н.И. Аканова

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии  
имени Д.Н. Прянишникова», г. Москва, Россия

Оценены мощность экспозиционной дозы гамма-излучения и современное состояние загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  основных типов почв земель сельскохозяйственных угодий Российской Федерации по данным локального мониторинга на реперных участках. Среднее значение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве составляет  $12,0 \pm 0,4$  Бк/кг, верхняя граница стандартного интервала равна 26 Бк/кг. Черноземные почвы имеют наибольшее среднее значение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве ( $15,9 \pm 0,7$  Бк/кг). Среднее содержание  $^{90}\text{Sr}$  в почвах России оставляет  $4,7 \pm 0,1$  Бк/кг, стандартный интервал содержания — 1,0–8,4 Бк/кг. Среднее значение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения составляет  $11,1 \pm 0,1$  мкр/час, стандартный интервал равен 8,4–13,8 мкр/час. Проведен статистический анализ загрязнения почв территорий на уровне административных районов, подвергшихся радиоактивным выпадениям от Чернобыльской аварии. В 9 субъектах РФ расположены районы, в которых верхняя граница стандартного содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве превышает уровень 1 Ки/км<sup>2</sup>. В Брянской области 8 таких районов, а уровень  $^{137}\text{Cs}$  на радиоактивном пятне составляет  $(25 \pm 8) \cdot 10^3$  Ки. Наблюдается корреляционная зависимость между площадью загрязнения почвы в субъекте РФ и средним содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в почве с коэффициентом положительной линейной корреляции равным 0,77. Загрязнение почвы  $^{90}\text{Sr}$  после Чернобыльской аварии менее значительно, чем  $^{137}\text{Cs}$ . Проблемы загрязнения растительной сельскохозяйственной продукции  $^{90}\text{Sr}$  на почвах радиоактивных пятен от Чернобыльской аварии практически отсутствуют за исключением Злыковского района Брянской области. В настоящее время средний уровень загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  почвы в этом районе превышает значение 0,3 Ки/км<sup>2</sup>. В целом по России радиационная ситуация на полях сельскохозяйственных угодий с течением времени улучшается. Радиационная авария на АЭС «Фукусима» практически не повлияла на радиоактивное загрязнение почв сельскохозяйственных угодий.

**Ключевые слова:** радиационный мониторинг, сельскохозяйственные угодья, реперные участки, радиоактивное загрязнение, Чернобыльская авария, радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , мощность экспозиционной дозы.

Спустя 30 лет после Чернобыльской аварии радиационная обстановка на полях сельскохозяйственных угодий России остается сложной и разнообразной [1–3]. Радиационный мониторинг является важной составляющей общего экологического мониторинга почв сельскохозяйственных угодий России [4, 5]. Радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий осуществляется на реперных и контрольных участках локального мониторинга радиологическими подразделениями агрохимической службы. Определяются мощность экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭДГ), содержание техногенных  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и естественных радионуклидов  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ . В 2016 г. данные поступили из 41 субъекта Российской Федерации, была проведена их статистическая обработка с уровнем доверия 0,95 (табл. 1). Среднее значение МЭДГ равняется 11,1 мкр/час, стандартное отклонение — 2,7 мкр/час, верхняя граница распределения составляет 13,8 мкр/час соответственно.

Таким образом, на 95% площади сельскохозяйственных угодий РФ в 2016 г. мощность экспозиционной дозы гамма-излучения находилась в интервале 8,4–13,8 мкр/час. Статистическая погрешность в определении среднего значения составила 0,1 мкр/час.

Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве составляет 12,0 Бк/кг, стандартное отклонение — 14,1 Бк/кг, верхняя граница распределения — 26,1 Бк/кг. Статистическая погрешность в определении среднего значения равняется 0,1 Бк/кг. Таким образом, на 95% площади почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации уровень загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  < 26 Бк/кг. Отмечается большое значение эксцесса распределения. Это показывает, что основная масса результатов на-

ходится вблизи средних значений, а крайние значения являются достаточно редкими.

Среднее содержание  $^{90}\text{Sr}$  в почве составляет 4,7 Бк/кг, стандартное отклонение — 3,7 Бк/кг. Следовательно, на 95% площади сельхозугодий России уровень загрязнения почвы  $^{90}\text{Sr}$  находится в интервале 1,0–8,4 Бк/кг. Эксцесс распределения больше 0, поэтому результаты преимущественно находятся вблизи средних значений. В таблице 2 и на рисунке 1 представлены статистические параметры мощности экспозиционной дозы гамма-излучения и уровней загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  почвы за период с 1991 по 2016 гг.

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения находится в пределах 10,8–11,6 мкр/час. Максимальное значение МЭДГ наблюдалось в 2011 г., после аварии на АЭС «Фукусима» (Япония). Прослеживается снижение средних значений уровней загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почвы во времени. Среднее содержание  $^{90}\text{Sr}$  в почве изменяется незначительно в пределах 4,7–5,6 Бк/кг.

Таблица 1

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения и содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах России (2016 г.)

Статистический параметр	МЭДГ, мкр/час	Содержание, Бк/кг	
		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Среднее	11,1	12,0	4,7
Стандартное отклонение	2,7	14,1	3,7
Погрешность среднего	0,1	0,4	0,1
Медиана	11	8,2	3,7
Мода	10	11	3,2
Эксцесс (без размерности)	0	32	6
Количество участков	1088	1167	1070

Таблица 2

Динамика изменения МЭДГ и уровней загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  почв России (1991–2016 гг.)

Период наблюдения	Среднее значение/стандартное отклонение/стандартное отклонение среднего			Количество участков (субъектов)
	МЭДГ, мкр/час	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг	
1991–1994*	11,4/2,3/0,3	15,7/22/3,0	5,4/4,6/0,6	1066 (60)
1995–1998*	11,2/2,2/0,3	17,7/30,6/3,9	5,0/3,8/0,5	1685 (62)
2003	11,1/3,8/0,1	13,8/24,2/0,8	5,6/3,1/0,1	928
2007	10,8/2,5/0,1	13,4/20/0,5	5,1/4,4/0,1	1903
2011	11,6/3,8/0,1	13,8/17,3/0,5	4,7/3,9/0,1	1338
2014	11,4/2,9/0,1	12,9/18/0,3	5,6/3,9/0,1	869
2016	11,1/2,7/0,1	12,0/14,1/0,4	4,7/3,7/0,1	1167

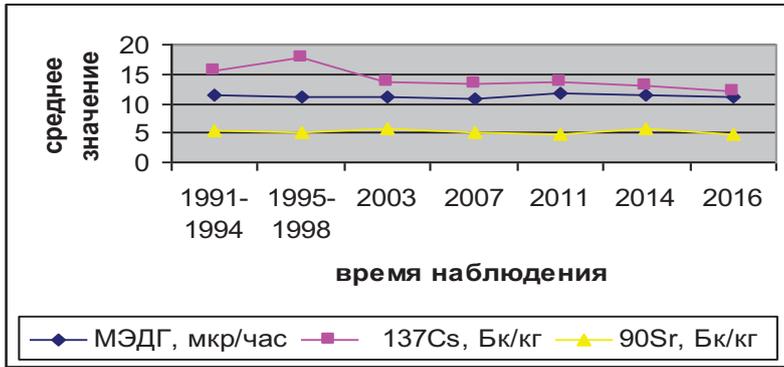
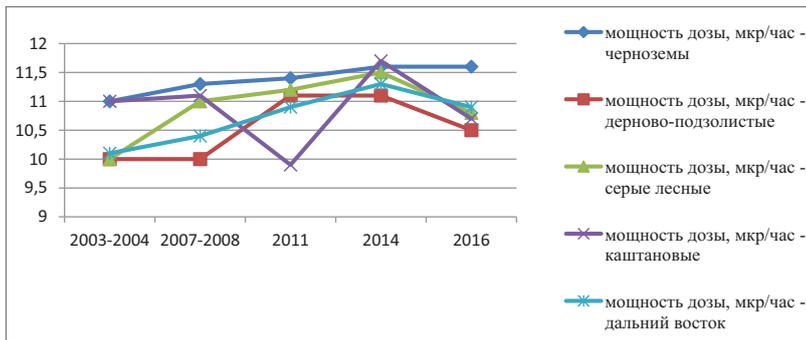
\*Оценка проведена по средним значениям в субъектах.



Таблица 3

 Мощность экспозиционной дозы  
 гамма-излучения и содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$   
 в основных типах почвах (2016 г.)

Субъект РФ, статистический параметр	МЭДГ, мкр/час	Содержание, Бк/кг	
		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
<b>Черноземы</b>			
среднее значение	11,6	15,9	5,1
стандартное отклонение	2,4	16,0	3,8
погрешность среднего	0,1	0,7	0,2
эксцесс (без размерности)	0	16	4
количество участков	496	550	486
<b>Дерново-подзолистые</b>			
среднее значение	10,5	8,4	4,1
стандартное отклонение	3,0	9,1	3,1
погрешность среднего	0,2	0,5	0,2
эксцесс (без размерности)	-0,6	24	8
количество участков	262	282	274
<b>Серые лесные</b>			
среднее значение	10,8	12,1	5,6
стандартное отклонение	2,8	20,5	5,4
погрешность среднего	0,3	1,9	0,5
эксцесс (без размерности)	-0,3	3,1	5,0
количество участков	102	111	105
<b>Каштановые</b>			
среднее значение	10,7	8,1	4,0
стандартное отклонение	2,8	3,5	2,3
погрешность среднего	0,2	0,3	0,2
эксцесс (без размерности)	-0,3	1,3	1,7
количество участков	134	136	132
<b>Почвы Дальнего Востока</b>			
среднее значение	10,9	5,2	3,9
стандартное отклонение	1,9	2,4	3,3
погрешность среднего	0,2	0,3	0,4
эксцесс (без размерности)	-0,5	4,3	6,4
количество участков	92	88	73


 Рис. 1. Динамика изменения средних значений МЭДГ  
 и содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах сельхозугодий России

 Рис. 2. Изменение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения  
 во времени с 2003 по 2016 гг. по данным локального мониторинга

В целом радиационная ситуация на полях сельскохозяйственных угодий по данным локального мониторинга почв улучшается. Авария на АЭС «Фукусима» несколько замедлила снижение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве, вернув средние значения в 2011 г. к уровню 2003 г., однако заметного влияния на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почвах России не оказала.

Полученная совокупность данных по содержанию техногенных радионуклидов в почвах России нами разделена на 5 подмножеств в соответствии с основными типами почв (черноземы, дерново-подзолистые, серые лесные, каштановые). Почвы Дальнего Востока отличаются по своему типу от основных почв России, поэтому они выделены в отдельное подмножество. Данные о мощности экспозиционной дозы и содержании  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в основных типах почв России представлены в таблице 3.

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения формируется под действием ряда факторов. На ее численное значение влияют: содержание естественных радионуклидов в почве ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ), вторичное космическое излучение, солнечная активность, содержание техногенных гамма-излучающих радионуклидов, радиоактивные эманации из почвы. Среднее значение мощности дозы для основных типов почв находится в интервале 10,5 мкр/час (дерново-подзолистые почвы) — 11,6 мкр/час (черноземы). Нижняя граница стандартного распределения равна 7,5 мкр/час и соответствует дерново-подзолистым почвам, верхняя граница равна 13,5 мкр/час и соответствует значению для черноземов. Динамика изменения средних значений МЭДГ с 2003 по 2016 гг. представлена на рисунке 2.

Для черноземных почв в 2003-2004 гг. и 2007-2008 гг. среднее значение МЭДГ равнялась 11,0 и 11,3 мкр/час соответственно при стандартной погрешности определения среднего значения 0,1 мкр/час. В 2011 г. произошла крупная радиационная авария на АЭС «Фукусима». Среднее значение МЭДГ в 2011 г. увеличилось до 12,4 мкр/час при стандартной погрешности 0,2 мкр/час. К 2016 г. после распада короткоживущих гамма-излучающих радионуклидов среднее значение МЭДГ снизилось до 11,0 мкр/час при стандартном отклонении 0,1 мкр/час (табл. 3).

Для дерново-подзолистых почв в 2003-2004 и 2007-2008 гг. среднее значение МЭДГ равнялась 10,0 мкр/час при стандартной погрешности определения среднего значения 0,2 и 0,1 мкр/час соответственно. Среднее значение МЭДГ в 2011 г. в связи с аварией на АЭС «Фукусима» возросло до 11,0 мкр/час при стандартной погрешности 0,1 мкр/час. В 2014 г. этот показатель остался на прежнем уровне, а в 2016 г. уменьшился до значения 10,5 мкр/час при стандартном отклонении 0,2 мкр/час.

Для серых лесных почв в 2003-2004 гг. среднее значение МЭДГ равнялась 10,0 мкр/час при стандартной погрешности определения 0,2 мкр/час. В 2011-2014 гг. среднее значение МЭДГ возросло до 11,5 мкр/час. В 2016 г. произошло ее незначительное снижение.

Для каштановых почв в 2003-2016 гг. среднее значение МЭДГ изменялось в пределах 9,9-11,7 мкр/час с погрешностью оценки 0,2-0,3 мкр/час. Временных закономерностей в изменении МЭДГ для каштановых почв не наблюдается.

В почвах Дальнего Востока с 2002 по 2014 гг. среднее значение МЭДГ находилось в интерва-

ле от 10,1 до 11,3 мкр/час при стандартной погрешности определения среднего значения 0,2-0,3 мкр/час. Наблюдается незначительный рост МЭДГ с 2002 по 2014 гг. В 2016 г. значение МЭДГ снизилось по сравнению с 2014 г.

Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в основных типах почв находилось в интервале 5,2 Бк/кг (почвы Дальнего Востока) — 15,9 Бк/кг (черноземы). Верхняя граница стандартного распределения равна 32,6 Бк/кг и соответствует серым лесным почвам, она практически совпадает с верхней границей, соответствующей черноземным почвам (31,9 Бк/кг). Обращает на себя внимание большое стандартное отклонение, характеризующее распределение  $^{137}\text{Cs}$  в серых лесных почвах (20,5 Бк/кг). Оно возникло потому, что в Республике Мордовия находятся серые лесные почвы, подвергшиеся загрязнению от Чернобыльской аварии. Среднее значение загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  в Республике Мордовия в 2016 г. равно 25,5 Бк/кг, стандартное отклонение — 12,3 Бк/кг. Серых лесных почв значительно меньше, чем черноземов и дерново-подзолистых почв. Наличие почв с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  обуславливает значительное стандартное отклонение, характеризующее серые лесные почвы.

Следует также отметить, что черноземы центра России также подверглись радиоактивным выпадением от Чернобыльской аварии, что обуславливает повышенное среднее значение и стандартное отклонение во множестве, характеризующем загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  черноземов, по сравнению с другими типами почв. Динамика изменения содержания  $^{137}\text{Cs}$  с 2003 по 2016 гг. в основных типах почв представлена на рисунке 3.



Среднее значение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в черноземных почвах снижалось во времени в интервале от 18,5 до 15,9 Бк/кг при стандартной погрешности их оценки 0,7-1,2 Бк/кг. С 2003 г. по 2016 гг. среднее значение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в дерново-подзолистых почвах изменялось незначительно и находилось в пределах стандартной погрешности его определения. Временные изменения средних значения находились в интервале 8,2-9,5 Бк/кг при стандартной погрешности их определения 0,4-1,3 Бк/кг. Среднее значение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в серых лесных почвах в 2003 г. составляло 18,9 Бк/кг при стандартном отклонении 3,4 Бк/кг. Далее наблюдалось снижение средних значений во времени до 12,1 Бк/кг в 2016 г. Каштановые почвы характеризуются низкими уровнями загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$ . С 2003 по 2016 гг. среднее содержание находилось в интервале 6,7-9,8 Бк/кг. Изменения носили случайный характер.

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почвах Дальнего Востока на всем временном интервале наблюдения существенно ниже, чем в среднем по России. Среднее значение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почвах Дальнего Востока в 2002 г. и 2007-2008 гг. составляло 7,1 Бк/кг при стандартном отклонении для среднего значения 0,4 и 0,3 Бк/кг соответственно. Далее имело место некоторое снижение содержания  $^{137}\text{Cs}$  (6,2 Бк/кг в 2014 г.; 5,2 Бк/кг в 2016 г.).

Среднее содержание  $^{90}\text{Sr}$  в основных типах почв в 2016 г. находилось в интервале 3,9 Бк/кг (почвы Дальнего Востока) — 5,6 Бк/кг (серые лесные почвы). Нижняя граница типичного содержания  $^{90}\text{Sr}$  в основных типах почв составляет 0,6 Бк/кг (почвы Дальнего Востока). Из-за большого стандартного отклонения формально нижняя граница содержания  $^{90}\text{Sr}$  в серых лесных

почвах равна 0,2 Бк/кг. Однако следует учесть, что выявленный радиохимическими методами анализа нижний предел обнаружения  $^{90}\text{Sr}$  в почвах равен 0,5 Бк/кг. Поэтому нижнюю границу типичного содержания  $^{90}\text{Sr}$  в серых лесных почвах оценить не удается. Динамика изменения содержания  $^{90}\text{Sr}$  с 2003 по 2016 гг. представлена на рисунке 4.

Среднее содержание  $^{90}\text{Sr}$  во всех типах почвы стабильно на всем временном интервале наблюдения. Максимальное значение (7,3 Бк/кг) наблюдается для черноземов в 2003 г, минимальное (3,7 Бк/кг) — в почвах Дальнего Востока в 2007 г. Загрязнение почв  $^{90}\text{Sr}$  незначительное и не вызывает опасений. С течением времени при условии отсутствия крупных радиационных аварий на территории России и приграничных стран есть основание ожидать снижения среднего содержания  $^{90}\text{Sr}$  в почвах сельскохозяйственных угодий Российской Федерации.

В анализируемую совокупность данных не включены результаты загрязнения почвы в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях, наиболее пострадавших от радиоактивного загрязнения при Чернобыльской аварии. Они образуют отдельную совокупность данных, к которой также присоединены данные ряда областей черноземной зоны, которые в меньшей степени подверглись радиоактивному загрязнению от аварии. Радиационная ситуация в этих областях анализируется на уровне административного района.

Как показали результаты радиологического обследования почв сельхозугодий, в период 1992-1993 гг. 18 субъектов РФ имели в своем составе территории, на которых уровень загрязне-

ния  $^{137}\text{Cs}$  почвы превышал 1 Ки/км<sup>2</sup> (~123 Бк/кг) [3]. В настоящее время их осталось 9. В таблице 4 представлены субъекты РФ, имеющие в своем составе районы с верхней границей уровня загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  > 1 Ки/км<sup>2</sup>. Для каждого района рассчитано время достижения верхних границ уровня загрязнения почвы значения в 1 Ки/км<sup>2</sup>. В столбце 4 оценено время достижения уровня в 1 Ки/км<sup>2</sup> с учетом радиоактивного распада. Однако снижение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в почве также происходит в результате миграционных процессов. На основе данных локального мониторинга на реперных участках загрязненных областей нами рассчитан период полурыведения  $^{137}\text{Cs}$  из почвы сельскохозяйственных угодий, он равен 24±1,5 года. С учетом этой величины в столбце 5 также приведено расчетное время спада верхних границ загрязнения уровня 1 Ки/км<sup>2</sup>.

Серьезные проблемы радиоактивного загрязнения почв остаются в Брянской области [7]. В Гордеевском (7,4 Ки/км<sup>2</sup>), Злыковском (9,6 Ки/км<sup>2</sup>), Красногорском (6,9 Ки/км<sup>2</sup>) и Новозыбковском (10,6 Ки/км<sup>2</sup>) районах среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве превышает уровень 5 Ки/км<sup>2</sup>. Это указывает на то, что на радиоактивно загрязненных территориях в этих районах Брянской области останутся серьезные проблемы получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции в течение 2,5-4 периодов полураспада  $^{137}\text{Cs}$  (80-120 лет). В Климовском (3,2 Ки/км<sup>2</sup>) и Клинцовском (4,4 Ки/км<sup>2</sup>) районах эти проблемы останутся в течение 1,5-2,0 периода полураспада (45-60 лет). В Дятьковском и Стародубском районах среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве практически достигло уровня 1 Ки/км<sup>2</sup>, поэтому в настоящее время риск производства сельскохозяйственной продукции, загрязненной  $^{137}\text{Cs}$ , в этих районах является минимальным. В остальных 18 районах Брянской области среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве равно 0,30±0,04 Ки/км<sup>2</sup>, верхняя граница равна 0,5 Ки/км<sup>2</sup>. Эти почвы следует отнести к почвам с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

В Жиздринском, Ульяновском и Хвастовичском районах Калужской области снижение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве до уровня 1 Ки/км<sup>2</sup> следует ожидать через 1,5-2 периода полураспада (через 45-60 лет). В Людиновском районе этот уровень практически достигнут. В остальных 10 районах Калужской области среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве равно 0,28 Ки/км<sup>2</sup>, верхняя граница равна 0,48 Ки/км<sup>2</sup>. В настоящее время в этих районах риск получения сельскохозяйственной продукции, загрязненной  $^{137}\text{Cs}$ , является незначительным.

В Болховском районе Орловской области среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве превышает уровень 1 Ки/км<sup>2</sup>, верхняя граница равна 2,5 Ки/км<sup>2</sup>. В остальных районах области среднее содержание меньше 1 Ки/км<sup>2</sup>. Верхние границы незначительно превышают названный уровень. С учетом того, что почвы Орловской области являются черноземами, то риск производства сельскохозяйственной продукции, загрязненной  $^{137}\text{Cs}$  выше норматива, является минимальным.

При радиологическом обследовании 1992 г. из всех обследованных областей Тульская область имела наибольшую площадь загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственных угодий (7790 км<sup>2</sup>) выше 1 Ки/км<sup>2</sup>. В настоящее время в Тульской области 12 районов имеют сельскохозяйственные угодья с верхним уровнем загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  более 1 Ки/км<sup>2</sup> [8]. Наибольшие средние уровни за-

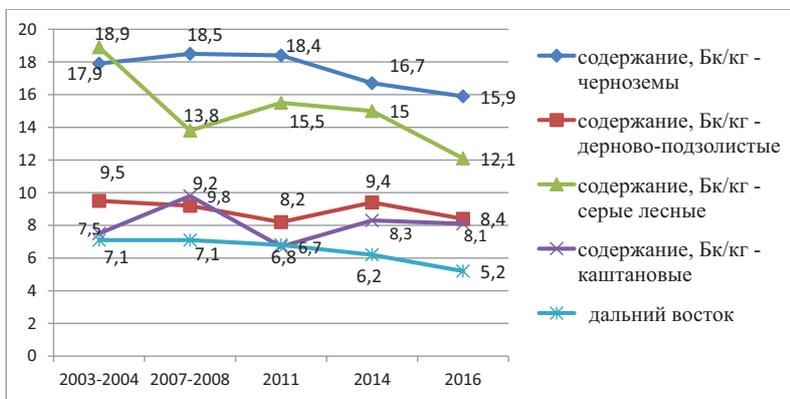


Рис. 3. Динамика изменения средних значений содержания  $^{137}\text{Cs}$  в основных типах почв в период с 2003 по 2016 гг. по данным локального мониторинга

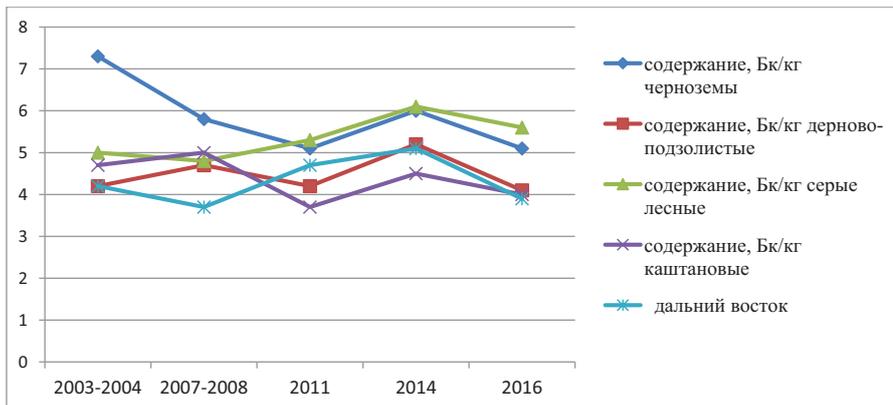


Рис. 4. Динамика изменения средних значений содержания  $^{90}\text{Sr}$  в основных типах почв в период с 2003 по 2016 гг. по данным локального мониторинга



Таблица 4

Время снижения верхних границ уровней загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  до уровня 1 Ки/км<sup>2</sup> на загрязненной территории для районов

Район	Среднее, Ки/км <sup>2</sup>	Верхняя граница, Ки/км <sup>2</sup>	Время снижение до уровня 1 Ки/км <sup>2</sup>	
			по периоду полураспада $T_{1/2} = 30$ лет	по периоду полувыведения $X_{1/2} = 24$ года
1	2	3	4	5
<b>Брянская область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 6980 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (25\pm 8)\cdot 10^3$ Ки				
Гордеевский	7,4	11,5	106	84
Дятьковский	0,9	1,4	15	12
Злыковский	9,6	15,8	120	95
Климовский	3,2	5,1	71	56
Клинцовский	4,4	7,6	88	70
Красногорский	6,9	16,9	123	98
Новозыбковский	10,6	14,7	117	93
Стародубский	1,0	1,7	23	18
18 районов 1102 точки отбора 7684 образца	0,30±0,04	0,5	-	-
<b>Калужская область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 1620 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (1,8\pm 0,5)\cdot 10^3$ Ки				
Жиздринский	1,7	3,0	48	38
Людиновский	0,9	1,3	11	9
Ульяновский	2,7	4,1	61	49
Хвастовичский	2,1	3,7	57	45
10 районов 192 точки отбора 1554 образца	0,28±0,07	0,48		
<b>Орловская область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 4190 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (3,2\pm 0,3)\cdot 10^3$ Ки				
Болховский	1,6	2,5	40	32
Глазуновский	0,91	1,5	18	14
Дмитровский	0,91	1,4	15	12
Залогощекинский	0,67	1,4	15	12
Знаменский	0,65	1,2	8	6
Мценский	0,85	1,3	11	9
Свердловский	0,76	1,4	15	12
Троснянский	0,91	1,5	18	14
Урицкий	0,84	1,2	8	6
14 районов 601 точка отбора 5561 образец	0,50±0,05	0,68		

грязнения наблюдаются в Плавском (3,0 Ки/км<sup>2</sup>) и Арсеньевском (2,7 Ки/км<sup>2</sup>) районах, верхние границы равны 5,1 и 3,5 Ки/км<sup>2</sup> соответственно. В этих районах риски получения загрязненной  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственной продукции достаточно велики. В остальных 10 загрязненных районах средняя плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почвы находится в интервале 0,8-1,7 Ки/км<sup>2</sup>. С учетом того, что основным типом почв в Тульской области является чернозем, то загрязнения сельскохозяйственной продукции, произведенной в этих районах, выше установленных норм маловероятно. В 7 малозагрязненных районах Тульской области средняя загрязненность почвы  $^{137}\text{Cs}$  равна 0,31±0,06 Ки/км<sup>2</sup>, верхняя граница — 0,48 Ки/км<sup>2</sup>.

Среднее значение плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почвы в 6 районах Рязанской области находится в интервале 0,77-1,1 Ки/км<sup>2</sup>, верхний уровень — 1,1-1,7 Ки/км<sup>2</sup>. В следующие 10-15 лет в этих районах существует риск получения сельскохозяйственной продукции, загрязненной  $^{137}\text{Cs}$  выше норм СанПиН 2.3.4.1078-01. В остальных 14 районах Рязанской области содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве равно 0,47±0,04 Ки/км<sup>2</sup>, верхняя граница — 0,61 Ки/км<sup>2</sup>.

В Железногорском и Пovyрьевском районах Курской области средняя плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  равняется 1,1 Ки/км<sup>2</sup>, верхняя граница — 2,2 и 2,5 Ки/км<sup>2</sup> соответственно. Получение сельскохозяйственной продукции, за-

Таблица 4 (окончание)

1	2	3	4	5
<b>Тульская область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 7790 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (10,1\pm 1,6)\cdot 10^3$ Ки				
Арсеньевский	2,7	3,5	54	43
Белевский	1,2	2,0	30	24
Богородицкий	1,4	2,3	36	31
Воловский	0,74	1,07	3	2
Каменский	0,57	1,2	8	6
Кимовский	0,80	1,3	11	9
Киреевский	1,3	2,3	36	29
Плавский	3,0	5,1	71	56
Теплогагаревский	0,96	1,6	20	16
Узловской	1,7	2,6	42	33
Чернский	1,4	2,4	38	30
Щекинский	0,98	2,2	34	27
7 районов 440 точек отбора 2096 образцов	0,31±0,06	0,48		
<b>Рязанская область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 5320 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (3,8\pm 0,3)\cdot 10^3$ Ки				
Корабликовский	1,1	1,7	23	18
Милославский	0,99	1,6	20	16
Михайловский	0,77	1,1	4	3
Ряжский	0,95	1,5	18	14
Скопинский	1,0	1,6	20	16
Старожилковский	0,78	1,1	4	3
14 районов 342 точки отбора 3447 образцов	0,47±0,04	0,61		
<b>Белгородская область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 1620 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (1,8\pm 0,5)\cdot 10^3$ Ки				
Красненский	0,87	1,08	3	2,5
<b>Липецкая область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 1619 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (1,0\pm 0,1)\cdot 10^3$ Ки				
Краснинский	0,85	1,22	8	6
<b>Воронежская область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 1320 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (0,79\pm 0,05)\cdot 10^3$ Ки				
Репьевский	0,81	1,1	4	3
<b>Курская область,</b> площадь загрязнения сельскохозяйственных угодий 1220 км <sup>2</sup> , современный (2015 г.) запас $^{137}\text{Cs} = (1,1\pm 0,2)\cdot 10^3$ Ки				
Железногорский	1,1	2,2	34	27
Пovyрьевский	1,1	2,5	40	32

грязненной  $^{137}\text{Cs}$ , на черноземных почвах этих районов маловероятно.

В Белгородской, Липецкой и Воронежской областях существуют по 1 району, в котором верхняя граница уровня загрязнения больше 1 Ки/км<sup>2</sup>, однако превышение незначительное. В ближайшее время (5-7 лет) следует ожидать, что содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве станет меньше уровня 1 Ки/км<sup>2</sup>, а почвы названных областей покинут категорию радиоактивно загрязненных.

При радиологическом обследовании почв сельскохозяйственных угодий в 1992 г. обнаружено радиоактивное загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  почвы в 18 субъектах РФ (табл. 4), еще в 9 субъектах РФ содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве больше 1 Ки/км<sup>2</sup> [9, 10].



Таблица 5

Современные уровни загрязнения <sup>137</sup>Cs почвы субъектов РФ, имеющих средние уровни загрязнения менее 0,5 Ки/км<sup>2</sup>

Субъект РФ	Площадь загрязнения сельхоз угодий, км <sup>2</sup>	Уровни загрязнения <sup>137</sup> Cs, Ки/км <sup>2</sup>			
		на радиоактивном пятне		по области в целом (мониторинг на реперных участках)	
		среднее значение	стандартный интервал	среднее значение	стандартный интервал
Пензенская	4130	0,44±0,03	0,31-0,57	0,22	0,15-0,35
Мордовия	1900	0,30±0,04	0,11-0,49	0,21	0,11-0,31
Ульяновская	1100	0,37±0,02	0,31-0,43	-	-
Ленинградская	850	0,50±0,11	0,39-0,61	-	-
Тамбовская	510	0,36±0,03	0,33-0,39	0,31	0,18-0,32
Нижегородская	250	0,16±0,01	0,13-0,19	0,11	0,08-0,14
Смоленская	100	0,24±0,02	0,21-0,27	0,24	0,20-0,28
Саратов	-	-	-	0,15	< 0,3
Чувашия	-	-	-	0,1	< 0,2

Современное содержание <sup>137</sup>Cs в почве на радиоактивном пятне и в субъектах представлено в таблице 5. Максимальное среднее содержание этого радионуклида на радиоактивном пятне не превышает уровень 0,5 Ки/км<sup>2</sup>, верхняя граница — 0,61 Ки/км<sup>2</sup> (Ленинградская область). В Нижегородской области и Республике Чувашия содержание <sup>137</sup>Cs в почве ниже верхней границы стандартного содержания по России.

Результаты, представленные в таблице 5, показывают, что в указанных субъектах риски получения сельскохозяйственной продукции с содержанием <sup>137</sup>Cs выше норматива являются минимальными.

Наблюдается корреляционная зависимость между площадью загрязнения почвы и средним содержанием <sup>137</sup>Cs в почве (табл. 6) с коэффициентом положительной линейной корреляции (0,77). Это численное значение коэффициента корреляции соответствует области сильной корреляции (0,7-0,9).

Следует отметить, что выявленная корреляционная зависимость между площадью радиоактивного загрязнения <sup>137</sup>Cs и средней его плотностью не равнозначна существованию причинно-следственной связи между ними. Такая зависимость может быть значительно сложнее.

Загрязнение почвы <sup>90</sup>Sr после Чернобыльской аварии менее значительно, чем <sup>137</sup>Cs. Однако более высокая токсичность <sup>90</sup>Sr и высокое его накопление в сельскохозяйственных растениях обуславливают его радиационную опасность. До настоящего времени проблеме радиоактивного загрязнения почв сельскохозяйственных угодий <sup>90</sup>Sr в результате Чернобыльской аварии не уделялось достаточного внимания. По данным работ [4], мы оценили средние уровни загрязнения почв <sup>90</sup>Sr и их стандартные отклонения на радиоактивных пятнах в областях и районах, попавших в зону радиоактивного загрязнения (табл. 7).

Из 13 районов Брянской области, попавших в зону радиоактивного загрязнения, среднее содержание <sup>90</sup>Sr, превышающее плотность загрязнения 0,1 Ки/км<sup>2</sup> (12 Бк/кг) в почве, наблюдается в Гордеевском — 0,11 Ки/км<sup>2</sup> (13,5 Бк/кг), Злыковском — 0,39 Ки/км<sup>2</sup> (48 Бк/кг), Климовском — 0,16 Ки/км<sup>2</sup> (20 Бк/кг), Клинцовском — 0,11 Ки/км<sup>2</sup> (14 Бк/кг), Красногорском — 0,22 Ки/км<sup>2</sup> (27 Бк/кг), Новозыбковском — 0,2 Ки/км<sup>2</sup> (25 Бк/кг) районах. Загрязнение почвы также весьма неравномерно. В Гордеевском районе типичный интервал изменения концентраций <sup>90</sup>Sr в почве равен 5-22 Бк/кг, Но-

возыбковском — 13-37 Бк/кг, Злыковском — 26-70 Бк/кг, Климовском — 10-30 Бк/кг, Красногорском 4-50 Бк/кг, Клинцовском — 8-20 Бк/кг.

В Калужской области из 7 районов, попавших в зону радиоактивного загрязнения, только в Жиздринском районе среднее содержание <sup>90</sup>Sr в почве превышает плотность загрязнения 0,1 Ки/км<sup>2</sup>. В Ульяновском и Хвастовичском районах верхняя граница стандартного содержания превышает названную величину.

Из 18 районов Орловской области, попавших в зону радиоактивного загрязнения, в трех среднее значение содержания <sup>90</sup>Sr в почве превышает 0,1 Ки/км<sup>2</sup>. Следует отметить, что в Залегощекинском районе пробы отобраны только в двух населенных пунктах, а в Свердловском — в одном. Количество проанализированных проб и точек отбора недостаточно, чтобы обоснованно оценить загрязнение <sup>90</sup>Sr почв сельскохозяйственных угодий в Залегощекинском и Свердловском районах.

Таблица 6

Площадь и плотность загрязнения <sup>137</sup>Cs сельскохозяйственных угодий РФ территорий, загрязненных от Чернобыльской аварии

Субъект РФ	Площадь загрязненных сельхоз-угодий, км <sup>2</sup>	Среднее содержание в почве, Бк/кг
Брянская	6980	230±70
Тульская	7790	123±23
Орловская	4190	80±9
Калужская	1620	87±26
Рязанская	5320	75±7
Пензенская	4130	54±4
Мордовия	1900	37±5
Белгородская	1620	73±6
Липецкая	1619	62±7
Воронежская	1320	55±6
Курская	1220	50±10
Ульяновская	1100	46±5
Ленинградская	850	62±14
Тамбовская	510	44±4
Нижегородская	250	20±2
Смоленская	100	29±3

В Тульской области из 13 районов, попавших в зону радиоактивного загрязнения, в 2 районах, Плавском и Щекинском, среднее значение содержания <sup>90</sup>Sr в почве превышает 0,1 Ки/км<sup>2</sup>. В Арсеньевском и Белевском районах верхние границы стандартного содержания превышают указанное значение параметра.

Данные обследования по остальным субъектам РФ, представленные в таблицах 4 и 5, показывают, что только в Республике Мордовия содержание <sup>90</sup>Sr в почве превышает уровень 0,1 Ки/км<sup>2</sup>, средняя плотность загрязнения <sup>90</sup>Sr черноземной почвы равна 0,11 Ки/км<sup>2</sup>, стандартный интервал — 0,06-0,15 Ки/км<sup>2</sup>.

Таблица 7

Загрязнение <sup>90</sup>Sr почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению от Чернобыльской аварии областей и районов ЦФО

Область, район	Среднее	Стандартный интервал	Количество	
			населенных пунктов	образцов
Ки/км <sup>2</sup>				
<b>Брянская область (6 районов)</b>	<b>0,20±0,04</b>	<b>0,10-0,30</b>	<b>364</b>	<b>1028</b>
Гордеевский	0,11±0,01	0,04-0,18	72	170
Злыковский	0,39±0,03	0,21-0,57	43	111
Климовский	0,16±0,01	0,08-0,24	38	83
Клинцовский	0,11±0,01	0,06-0,16	82	221
Красногорский	0,22±0,03	0,03-0,41	47	141
Новозыбковский	0,20±0,01	0,10-0,30	82	302
<b>Калужская область (3 района)</b>	<b>0,09±0,02</b>	<b>0,7-0,11</b>	<b>75</b>	<b>141</b>
Жиздринский	0,11±0,02	0,02-0,2	17	22
Ульяновский	0,09±0,010	0,06-0,12	25	74
Хвастовичский	0,08±0,02	<0,21	33	45
<b>Орловская область (3 района)</b>	<b>0,20±0,01</b>	<b>0,18-0,22</b>	<b>19</b>	<b>41</b>
Болховский	0,18±0,01	0,13-0,23	16	33
Залегощекинский	0,18		2	4
Свердловский	0,23		1	4
<b>Тульская область (4 района)</b>	<b>0,11±0,02</b>	<b>0,08-0,14</b>	<b>48</b>	<b>78</b>
Арсеньевский	0,10±0,01	0,07-0,13	11	22
Белевский	0,09±0,02	0,07-0,11	7	14
Плавский	0,14±0,01	0,09-0,19	18	20
Щекинский	0,14±0,01	0,12-0,19	7	12



Для серой лесной почвы эти параметры соответственно равны 0,11 и 0,08-0,15 Ки/км<sup>2</sup>. В остальных субъектах содержание <sup>90</sup>Sr в почве входит в стандартный интервал, характерный для почв России в целом (0,01-0,07 Ки/км<sup>2</sup>).

**Заключение.** В работе обобщены результаты радиационного мониторинга почв на реперных и контрольных участках, проводимого Агротехнической службой МСХ РФ. На загрязненных радиоактивными выпадениями территориях эти результаты сопоставлены с данными по радиоактивному загрязнению территорий населенных пунктов РФ, полученными ФБГНУ «НПО «Тайфун». Результаты хорошо согласуются между собой и удачно дополняют друг друга.

В настоящее время в большинстве субъектов РФ загрязнение <sup>137</sup>Cs почв сельскохозяйственных угодий снизилось до уровня меньше 1 Ки/км<sup>2</sup>. В этих областях риск производства сельскохозяйственной продукции, загрязненной <sup>137</sup>Cs выше норматива СанПиН 2.3.4.1078-01, минимален.

Практически проблемы радиоактивного загрязнения <sup>137</sup>Cs почв и сельскохозяйственной продукции остаются в 6 районах Брянской области (Гордеевский, Злыковский, Климовский, Клиновский, Красногорский и Новозыбковский) [7] и в 2 районах Тульской области (Арсеневский и Плавский) [8].

Загрязнение <sup>90</sup>Sr почв и сельскохозяйственной продукции существует в Злыковском, Красногорском и Новозыбковском районах Брянской области [7]. На остальной территории риск получения сельскохозяйственной продукции выше норматива является минимальным. В целом по России радиационная ситуация на полях сельскохозяйственных угодий с течением времени улучшается. Радиационная авария на АЭС «Фукусима» практически не повлияла на радиоактивное загрязнение почв сельскохозяйственных угодий РФ.

#### Литература

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / Под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. Москва-Минск: Фонд «Инфосфера»-Природа, 2009. 140 с.
2. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>239+240</sup>Pu / Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2015. 225 с.
3. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1993 году». С. 64-69. Утв. Постановлением Правительства РФ от 24.01.1993 г. № 53.
4. Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., Лунев М.И., Кузнецов А.В. Система агроэкологического мониторинга зе-

мель сельскохозяйственного назначения. М.: Россельхозакадемия, 2006. 79 с.

5. Сычев В.Г., Кузнецов А.В., Павлихина А.В., Кручинина Л.К., Васильева Н.М., Лобас Н.В. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. -76 с.

6. Сычев В.Г., Лунев М.И., Орлов М.М., Белоус Н.М. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв. М.: ВНИИА, 2016. 183 с.

7. Орлов П.М., Лунев М.И., Аканова Н.И. Динамика содержания долгоживущих радионуклидов <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в различных типах почв районов Брянской и Калужской областей // XXI Век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Серия Экология. 2017. № 05 (39); № 06 (40). С. 103-110.

8. Орлов П.М., Аканова Н.И. Динамика содержания <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs в почвах Тульской, Орловской и Рязанской областей в длительном последствии известкования // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 3 (363). С. 28-31.

9. Орлов П.М., Лунев М.И. Радиационный мониторинг почв сельскохозяйственных угодий Поволжья и Волго-Вятского региона // Плодородие. 2018. № 3 (102). С. 34-36.

10. Орлов П.М., Гладышева О.В., Лунев М.И., Аканова Н.И. Зависимость содержания техногенных и естественных радионуклидов в почвах Центрального федерального округа от интенсивности применения минеральных удобрений и химических мелиорантов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1 (361). С. 37-42.

#### Об авторах:

**Орлов Павел Михайлович**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории известковых удобрений и химической мелиорации почв, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2753-3371>, [info@vniia-pr.ru](mailto:info@vniia-pr.ru)

**Аканова Наталья Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией известковых удобрений и химической мелиорации почв, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3153-6740>, [n\\_akanova@mail.ru](mailto:n_akanova@mail.ru)

## RESULTS OF RADIATION MONITORING OF SOILS ON THE RAPPER SITES OF AGRICULTURAL LAND OF THE RUSSIAN FEDERATION

P.M. Orlov, N.I. Akanova

All-Russian research institute of agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia

The power of the exposure dose of gamma radiation and the current state of pollution of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr of the main soil types of agricultural land of the Russian Federation are assessed according to local monitoring data on the rapper sites. The average content of <sup>137</sup>Cs in the soil 12.0±0.4 Bq/kg, the upper limit of the standard interval is 26 Bq/kg. Black Earth soils have the highest average content of <sup>137</sup>Cs in the soil (15.9±0.7 Bq/kg). The average content of <sup>90</sup>Sr in Russian soils 4.7±0.1 Bq/kg, the standard interval — 1.0-8.4 Bq/kg. The average exposure dose of gamma radiation 11.1±0.1 mkr/hour, with a standard interval of 8.4 to 13.8 mkr/hour. A statistical analysis of soil pollution at the level of administrative areas affected by the Chernobyl accident has been carried out. In 9 subjects of the Russian Federation there are areas where the upper limit of the standard content of <sup>137</sup>Cs in the soil exceeds the level of 1 Ki/km<sup>2</sup>. There are 8 such areas in the Bryansk region, and the level of <sup>137</sup>Cs on the radioactive spot is (25±8)·10<sup>3</sup> Ki. There is a correlation between the area of soil pollution in the subject of the Russian Federation and the average content of <sup>137</sup>Cs in the soil with a positive linear correlation ratio of 0.77. The soil contamination of <sup>90</sup>Sr after the Chernobyl accident is less significant than <sup>137</sup>Cs. Currently, the average pollution level of <sup>90</sup>Sr soil in the area exceeds 0.3 Ki/km<sup>2</sup>. In general, in Russia, the radiation situation in the fields of agricultural land has improved over time. The radiation accident at the Fukushima nuclear power plant had little or no effect on the radioactive contamination of farmland soils.

**Keywords:** radiation monitoring, agricultural land, reперnic sites, pollution, Chernobyl accident, radionuclides <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr, exposure dose power.

#### References

1. Atlas of modern and foreseeable aspects of the consequences of the Chernobyl accident in the affected territories of Russia and Belarus (ASPA Russia-Belarus). Under ed. J.A. Israel and I.M. Bogdevich. Moscow-Minsk: Infosphere Foundation-NIA-Nature, 2009. 140 p.
2. Data on radioactive contamination of the territory of settlements of the Russian Federation <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>239+240</sup>Pu. Under ed. S.M. Vakulovsky. Obninsk: NPO Typhoon, 2015. 225 p.
3. State report "On the state of the natural environment of the Russian Federation in 1993". Pp. 64-69. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation from 24.01.1993. No. 53.
4. Sychev V.G., Efremov E.N., Lunev M.I., Kuznetsov A.V. Agricultural land monitoring system. Moscow: Rosselkhozakademii, 2006. 79 p.

5. Sychev V.G., Kuznetsov A.V., Pavlikhina A.V., Kruchina L.K., Vasileva N.M., Lobas N.V. Methodical instructions on local monitoring at rapper and control sites. Moscow: FSNU "Rosinformagrotech", 2006. 76 p.

6. Sychev V.G., Lunev M.I., Orlov M.M., Belous N.M. Chernobyl: radiation monitoring of agricultural land and agrochemical aspects of reducing the effects of radioactive soil contamination. Moscow: VNIIA, 2016. 183 p.

7. Orlov P.M., Lunev M.I., Akanova N.I. Dynamics of long-lived radionuclid content <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in different soil types of areas of the Bryansk and Kaluga regions. XXI Vek: Itogi proshlogo i problemy nastoyaschego plyus: Seriya Ekologiya = XXI Century: The results of the past and the problems of the present plus: Series Ecology. 2017. No. 05 (39); No. 06 (40). Pp. 103-110.

8. Orlov P.M., Akanova N.I. Dynamics of <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>Cs in the soils of the Tula, Orlovsk and Ryzan regions in the long-term post-exposure of lime. *Mezhdunarodnyj selskokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2018. No. 3 (363). Pp. 28-31.

9. Orlov P.M., Lunev M.I. Radiation monitoring of the soils of the agricultural land of the Volga and Volgo-Vyatsky region. *Plodородие* = Fertility. 2018. No. 3 (102). Pp. 34-36.

10. Orlov P.M., Gladysheva O.V., Lunev M.I., Akanova N.I. Dependence of the maintenance of man-made and natural radionuclides in the soils of the Central Federal District on the intensity of the use of mineral fertilizers and chemical reclamations. *Mezhdunarodnyj selskokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2018. No.1 (361). Pp. 37-42.

#### About the authors:

**Pavel M. Orlov**, candidate of chemical sciences, senior researcher of the laboratory of lime fertilizers and chemical melioration of soils, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2753-3371>, [info@vniia-pr.ru](mailto:info@vniia-pr.ru)

**Natalia I. Akanova**, doctor of biological sciences, professor, head of the laboratory of lime fertilizers and chemical melioration of soils, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3153-6740>, [n\\_akanova@mail.ru](mailto:n_akanova@mail.ru)

[n\\_akanova@mail.ru](mailto:n_akanova@mail.ru)



## РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И МЕРЫ ПОДДЕРЖКИ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В РЕГИОНАХ ЦФО

Е.С. Воробьева<sup>1</sup>, О.В. Воробьев<sup>2</sup>, А.Е. Ковалёва<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия», Смоленск, Россия

<sup>2</sup> Департамент промышленности и торговли Смоленской области, Смоленск, Россия

Развитие сельского хозяйства в современной России требует от государства новых действенных мер поддержки сельскохозяйственных производителей в регионах ЦФО. Достижение показателей Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации требует новых, «прорывных решений». Министерством сельского хозяйства Российской Федерации разработан новый подход к оказанию государственной поддержки, предусматривающий трансформацию отдельных действующих видов субсидий на стимулирующий и компенсирующий механизмы. Для это был разработан механизм по определении приоритетных подотраслей АПК для каждого субъекта РФ, исходя из потенциала региона, а также состояние и перспективы развития АПК близлежащих регионов.

Регионализация — новый подход к стимулированию развития АПК с учетом потенциала развития отдельных подотраслей АПК субъектов РФ для обеспечения реализации прорывных сценариев наращивания сельскохозяйственного производства и экспорта продукции АПК в субъектах РФ. И именно в рамках регионализации будет в дальнейшем распределяться «несвязная поддержка» для развития сельского хозяйства в регионах ЦФО.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, меры государственной поддержки, продовольственная безопасность, регионализация.

### Введение

В целях безусловного обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации, Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120 утверждена Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [1].

Для оценки состояния продовольственной безопасности в качестве критерия определяется удельный вес отечественной сельскохозяйственной, рыбной продукции и продовольствия в общем объеме товарных ресурсов (с учетом переходящих запасов) внутреннего рынка соот-

ветствующих продуктов, имеющий установленные пороговые значения.

Задачи Доктрины отражены в Федеральном законе «О развитии сельского хозяйства» [2], а также в Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717), которая определяет цели и основные направления развития сельского хозяйства и регулирования указанных рынков на среднесрочный период, финансовое обеспечение и ме-

ханизмы реализации предусматриваемых мероприятий [3].

### Материалы и методы

В рамках Госпрограммы установлены целевые ориентиры развития агропромышленного комплекса.

В таблице 1 указана информация о доведении бюджетных ассигнований из федерального бюджета до сельхозтоваропроизводителей в Центральном федеральном округе (по состоянию на 14 ноября 2019 года).

Таблица 1

Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, млн. рублей

Наименование господдержки	Средства федерального бюджета 2019 года			Средства регионального бюджета 2019 года		
	Доведены лимиты бюджетных обязательств	Доведено до получателей	% доведения средств до получателей	Предусмотрено соглашением	Доведено до получателей	% доведения средств до получателей
Центральный федеральный округ	39 310,0	31 760,9	80,8	6 216,4	4 853,2	78,1
в том числе:						
Субсидии на поддержку сельского хозяйства, всего	38 071,7	30 749,4	80,8	5 719,3	4 502,2	78,7
Субсидии на оказание несвязанной поддержки сельхозтоваропроизводителям в области растениеводства	2 006,0	1 872,9	93,4	458,5	427,5	93,2
Субсидии на повышение продуктивности в молочном скотоводстве	2 199,8	2 160,8	98,2	610,0	598,9	98,2
Субсидии на содействие достижению целевых показателей региональных программ развития АПК	10 030,5	7 618,0	75,9	2 282,9	1 714,9	75,1
Иные межбюджетные трансферты на возмещение части затрат на уплату процентов по инвестиционным кредитам (займам) в АПК	21 755,2	18 305,0	84,1	1 939,1	1 669,6	86,1
Реализация мероприятий в области мелиорации земель сельхозназначения	1 197,3	188,6	15,7	387,1	69,2	17,9
Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации	883,0	604,2	68,4	41,8	22,1	52,9
Обеспечение устойчивого развития сельских территорий	1 238,4	1 011,5	81,7	497,0	350,9	70,6





В рамках Госпрограммы в 2019 году доведены бюджетные ассигнования в размере 31,7 млрд. рублей (80,8% от доведенных лимитов), а также из региональных бюджетов доведены 4,8 млрд. рублей (78,1% от предусмотренных соглашениями лимитов).

Мероприятия Госпрограммы АПК профинансированы в том числе (рис. 1):

- на оказание несвязанной поддержки сельскохозяйственным товаропроизводителям в области растениеводства;
- на повышение продуктивности в молочном скотоводстве;
- на субсидирование процентных ставок по инвестиционным кредитам и займам;
- на иные межбюджетные трансферты на возмещение части прямых понесенных затрат на создание и (или) модернизацию объектов агропромышленного комплекса;
- на реализацию мероприятий по устойчивому развитию сельских территорий и иные направления.

С 2020 года реализуется трансформация подхода к предоставлению субсидии.

Так, «оказание несвязанной поддержки», «повышение продуктивности в молочном скотоводстве» и «единая субсидия» трансформируются в

«компенсирующую» и «стимулирующую» субсидии (рис. 2).

«Компенсирующая» субсидия будет предоставляться всем субъектам Российской Федерации на поддержку сельскохозяйственного производства по отдельным подотраслям растениеводства и животноводства, а также сельскохозяйственного страхования, и предполагает распределение субсидии по следующим направлениям:

- на проведение комплекса агротехнологических работ в растениеводстве по ставке на 1 гектар посевной площади;
- на поддержку собственного производства молока — по ставке на 1 килограмм молока;
- на поддержку племенного животноводства — по ставке на 1 голову сельскохозяйственного животного;
- на поддержку элитного семеноводства — по ставке на 1 гектар посевной площади;
- на развитие мясного животноводства — по ставке на 1 тонну реализованной и (или) отгруженной на собственную переработку продукции животноводства (крупный рогатый скот специализированных мясных пород, овцы и козы на убой в живом весе), и (или) по ставке на 1 голову сельскохозяй-

ственного животного (крупный рогатый скот специализированных мясных пород, овцы и козы), за исключением племенных животных;

- на развитие традиционных подотраслей растениеводства и животноводства по ставке на 1 гектар посевных площадей (низкопродуктивной пашни) и (или) на 1 голову сельскохозяйственного животного;
  - на уплату страховых премий, начисленных по договорам сельскохозяйственного страхования.
- «Компенсирующая» субсидия будет предоставляться всем субъектам Российской Федерации и будет формироваться на основе ретроспективных данных регионов исходя из доли каждого региона в общем значении показателей по Российской Федерации (данные Росстата, отраслевая отчетность Минсельхоза России).

Объем бюджетных ассигнований федерального бюджета на 2020 год по «компенсирующей» субсидии установлен на уровне 34,2 млрд. рублей.

«Стимулирующая» субсидия будет предоставляться субъектам Российской Федерации на стимулирование развития приоритетных подотраслей агропромышленного комплекса и развитие малых форм хозяйствования, и предполагает распределение субсидии по следующим направлениям:

- стимулирование производства зерновых и зернобобовых культур;
- стимулирование производства масличных культур (за исключением рапса и сои);
- стимулирование производства овощей открытого грунта;
- развитие виноградарства;
- стимулирование производства продукции плодово-ягодных насаждений;
- стимулирование производства льна-долгунца;
- стимулирование производства молока;
- развитие специализированного мясного скотоводства;
- развитие овцеводства;
- развитие малых форм хозяйствования;
- развитие субъектов с низким уровнем социально-экономического развития (10 субъектов).

### Результаты

Направление субсидии по развитию субъектов с низким уровнем социально-экономического развития установлено в соответствии с поручением Председателя Правительства Российской Федерации Д.А. Медведева (ДМ-П116-4600р от 05 июня 2019 г) [4].

«Стимулирующая» субсидия предоставляется субъектам Российской Федерации, которые определили приоритеты по соответствующим подотраслям агропромышленного комплекса (в рамках регионализации), и формируется на плановых значениях показателей, сформированных субъектами Российской Федерации до 2024 года, исходя из доли каждого региона в общем значении соответствующего показателя по Российской Федерации.

Объем бюджетных ассигнований федерального бюджета на 2020 год по «стимулирующей» субсидии установлен на уровне 27,1 млрд. рублей.

Изменение структуры и механизма оказания государственной поддержки в 2020 году обеспечит индивидуальный подход к распределению субсидий по каждому субъекту Российской

«оказание несвязанной поддержки»	«повышение продуктивности в молочном скотоводстве»	«единая субсидия»
11,3 млрд. рублей	8,0 млрд. рублей	40,6 млрд. рублей
<b>Общий лимит</b>		
61,3 млрд. рублей		
<b>«компенсирующая» субсидия</b>		<b>«стимулирующая» субсидия</b>
лимит 34,2 млрд. рублей		лимит 27,1 млрд. рублей (в том числе 1 млрд рублей для 10 регионов с низкими темпами развития)

Рис. 1. Изменения в подходе предоставления субсидий в 2020 году

### Принципы распределения «компенсирующей» субсидии

- Субсидия распределяется всем субъектам Российской Федерации по фактическим данным за 2018 год (по сельскохозяйственному страхованию - план на 2020 год)
- Средства бюджетам субъектов Российской Федерации предоставляются на все направления субсидии общей суммой, при этом регионы самостоятельно определяют направления и объемы распределения средств федерального бюджета по мероприятиям субсидии
- Ставки для сельскохозяйственных товаропроизводителей по направлениям (мероприятиям) «компенсирующей» субсидии субъекты Российской Федерации устанавливаются самостоятельно

### Принципы распределения «стимулирующей» субсидии

- Субсидия распределяется субъектам Российской Федерации по планируемым показателям на 2020-2022 годы
- Средства бюджетам субъектов Российской Федерации предоставляются общей суммой, исходя из направлений развития АПК, которые определены субъектами Российской Федерации в качестве приоритетных в рамках «регионализации» при этом регионы самостоятельно определяют объемы распределения средств федерального бюджета по приоритетным направлениям развития
- Ставки для сельскохозяйственных товаропроизводителей по направлениям (мероприятиям) «стимулирующей» субсидии субъекты Российской Федерации устанавливаются самостоятельно

Рис. 2. Принципы распределения субсидий



Таблица 2

Сводная информация о приоритетных направлениях развития («точках роста») АПК субъектов ЦФО

Субъект РФ	Приоритетные подотрасли («точки роста») АПК									Итого приоритетных направлений	
	Растениеводство					Животноводство			Малые формы		
	Зерновые и зернобобовые	Масличные культуры	Овощи открытого грунта	Виноград	Плодово-ягодные насаждения	Лен и конопля	Молоко	Мясное скотоводство			Овцы и козы
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ФО											
Белгородская область	да	да	да		да		да	да		да	7
Брянская область	да				да	да	да	да		да	6
Владимирская область	да	да					да	да		да	5
Воронежская область	да	да			да		да	да		да	6
Ивановская область	да	да			да	да	да	да		да	7
Калужская область					да		да		да	да	4
Костромская область	да		да		да		да			да	5
Курская область	да	да			да		да			да	5
Липецкая область	да	да			да		да	да		да	6
Московская область		да			да		да			да	4
г. Москва											
Орловская область	да	да			да		да	да		да	6
Рязанская область	да	да	да		да		да			да	6
Смоленская область	да	да			да	да	да			да	6
Тамбовская область	да	да			да		да			да	5
Тверская область							да	да		да	3
Тульская область	да	да			да		да	да		да	5
Ярославская область		да	да				да			да	4

Федерации на основе приоритетных направлений развития регионов, что в итоге позволит увеличить объемы производства продукции по приоритетным сферам агропромышленного комплекса каждого региона, обеспечить доведение бюджетных ассигнований до конечных получателей в полном объеме и повысить эффективность предоставления субсидий.

В 2019 году введены ряд новаций механизма льготного кредитования, включая:

- Безтраншевый отбор заявок на кредиты;
- Дополнены направления использования кредитов.

2019 год был посвящен налаживанию работы банков и их подразделений с региональными органами власти в части контроля за полнотой выборки заявленных в течение года субсидий.

При этом, ключевой задачей остается увеличение объемов льготного кредитования малых форм хозяйствования.

### Обсуждение

Для решения этой задачи Минсельхоз России предпринимает ряд мер, которые позволили повысить уровень малых форм в объемах выданных кредитов в 2019 году.

В настоящее время идет работа над уточнением ряда нормативных актов механизма льготного кредитования, включая увеличение максимального размера краткосрочного кредита, возможность пролонгации инвестиционных кредитных договоров по ряду направлений, и другие.

31 мая текущего года Правительством Российской Федерации была утверждена государственная программа Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» [5].

Объем ресурсного обеспечения Госпрограммы на 2020 год и плановый период 2021 и 2022 годов за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета в соответствии паспортом Госпрограммы составляет: 79,2 млрд. рублей в 2020 году, 160,6 млрд. рублей в 2021 году и 193,1 млрд. рублей в 2022 году.

При этом, проектом федерального закона о федеральном бюджете на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов на цели реализации Госпрограммы предусмотрено 105,3 млрд. рублей, в том числе на 2020 год — 35,9 млрд. рублей (45,3%) от показателей паспорта Госпрограммы), на 2021 год — 34,4 млрд. рублей (21,4%) и на 2022 год — 35,0 млрд. рублей (18,1%).

Ключевой проблемой является отсутствие достаточного финансирования.

Госпрограммой определены следующие основные цели:

- во-первых, повышение уровня благосостояния сельского населения. (На сегодня, по данным Росстата, это соотношение составляет 68%. По итогам реализации Госпрограммы оно должно быть доведено до 80%);
- во-вторых, повышение благоустройства жилого фонда сельского населения посредством увеличения доли жилых помещений, имеющих доступ ко всем видам коммунальных услуг (водопровод, водоотведение, отопление (за исключением печного отопления), горячим водоснабжением). На текущий момент, по данным Росстата, этому критерию соответствует около 32,5% всего сельского жилого фонда. Целевой индикатор Госпрограммы планируется довести до уровня 50%;
- в-третьих, это сохранение доли сельского населения в общей численности населения страны.

Таблица 3

Сводная информация по льготному краткосрочному кредитованию ЦФО, млн. рублей

Субъект РФ	Кредиты 2019 года					Субсидии 2019 года
	Одобрено кредитов		Заклученные кредитные договоры		Выдано кредитов	% фактически выплаченных субсидий от суммы одобренных заявок
	Количество одобренных заявок	Сумма	Количество заключенных кредитных договоров	Сумма		
Российская Федерация	13 106	379 818,59	10 889	308 867,24	258562,53	64,41%
Центральный федеральный округ	3 331	134 421,33	2 734	107 986,64	91 847,24	64,21%
<i>в том числе:</i>						
Белгородская область	426	28 446,14	342	23 508,04	18 034,12	57,86%
Брянская область	137	6 726,68	111	6 131,60	5 730,98	72,71%
Владимирская область	79	1 671,44	66	1 391,77	1 021,18	59,08%
Воронежская область	641	21 264,65	551	18 552,12	16 139,51	70,28%
Ивановская область	38	258,27	37	257,57	250,78	78,25%
Калужская область	77	1 879,96	71	1 620,99	1 399,34	70,55%
Костромская область	47	525,21	40	478,11	462,75	67,14%
Курская область	397	15 820,83	315	11 056,54	9 968,73	66,20%
Липецкая область	255	15 935,70	192	13 007,84	10 684,56	61,29%
Московская область	103	4 803,32	82	3 827,02	3 381,49	64,26%
Орловская область	271	7 942,71	222	5 984,43	5 533,76	68,55%
Рязанская область	173	5 888,10	153	4 897,45	4 392,59	71,24%
Смоленская область	40	1 169,90	38	1 124,60	1 015,09	63,51%
Тамбовская область	427	11 711,06	338	9 105,41	7 482,90	56,58%
Тверская область	55	2 390,20	42	1 447,20	1 260,90	59,13%
Тульская область	103	5 672,85	83	3 588,85	3 213,49	60,97%
Ярославская область	52	1 851,31	44	1 589,10	1 461,99	73,34%
г.Москва	10	463,00	7	418,00	413,08	64,71%





Таблица 4

Финансирование Государственной программы «Комплексное развитие сельских территорий на 2020-2022 гг.»

	По па- спорту, млрд. рублей	Доведено Мин- финан- сов России, млрд. рублей	Доведено относи- тельно паспор- та, %
2020 год	79,2	35,9	45,3
2021 год	160,6	34,4	21,4
2022 год	193,1	35,0	18,1

Таблица 5

Государственная программа Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий»

Финансирование Госпрограммы КРСТ на 2020-2025 гг.		Цели Госпрограммы КРСТ	
ВСЕГО	2 288 млрд. рублей	Сохранение доли сельского населения в общей численности населения России	не менее 25,3%
Федеральный бюджет	1 061 млрд. рублей	Повышение доли общей площади благоустроенных жилых помещений в сельских населенных пунктах	до 50%
Консолидированный бюджет субъ- ектов Российской Федерации	174 млрд. рублей	Достижение соотношения среднемесячных располагаемых ресурсов сельского и городского домохозяйств	до 80%
Внебюджетные источники	1 053 млрд. рублей		

### Заключение

На текущий момент разработаны и приняты необходимые правила для реализации направлений Госпрограммы.

Прошел отбор проектов по современному облику территорий.

Идет подготовка к заключению соглашений.

Главная цель: обеспечение достижения национальных целей развития Российской Федерации в сфере АПК до 2024 года.

Фактически регионализация позволит:

- стимулирование «точек роста» АПК регионов;
- максимизация конкурентных преимуществ регионов;
- развитие эффективной специализации АПК регионов и межрегиональной кооперации;

Об авторах:

**Воробьева Елена Сергеевна**, кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой экономики и бухгалтерского учета, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6756-8002>, [elenasn@yandex.ru](mailto:elenasn@yandex.ru)

**Воробьев Олег Викторович**, начальник Управления промышленности, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5906-0839>, [vorobiev\\_ov@admin-smolensk.ru](mailto:vorobiev_ov@admin-smolensk.ru)

**Ковалёва Анастасия Евгеньевна**, кандидат экономических наук, научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3100-1335>, [nastenchik2002@mail.ru](mailto:nastenchik2002@mail.ru)

- обеспечение сбалансированного наращивания производства и переработки сельскохозяйственного сырья;
- создание равных условий поддержки сельхозпроизводителей в рамках отдельной подотрасли АПК разных регионов;
- повышение эффективности государственной поддержки АПК и расходования бюджетных средств.

### Литература

1. Указ Президента РФ от 30.01.2010 № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации»
2. Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 29.12.2006 № 264-ФЗ

3. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717)

4. Поручение Председателя Правительства Российской Федерации Д.А. Медведева от 05 июня 2019 г. ДМ-П16-4600р

5. Постановление Правительства РФ от 31 мая 2019 г. № 696 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий»»

6. Воробьева Е.С. Развитие крестьянских (фермерских) хозяйств в условиях программы импортозамещения: монография. М.: БИБЛИО-ГЛОБУС, 2019. 160с.

7. Кучумов А.В., Воробьева Е.С. Продовольственное обеспечение регионов как основа продовольственной безопасности России: монография. М.: ИНФРА-М, 2018. 160с.

## DEVELOPMENT OF AGRICULTURE AND MEASURES TO SUPPORT AGRICULTURAL PRODUCERS IN THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT

E.S. Vorobeva<sup>1</sup>, O.V. Vorobev<sup>2</sup>, A.E. Kovaleva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal state budgetary educational Institution of higher education «Smolensk state agricultural academy», Smolensk, Russia

<sup>2</sup> Department of industry and trade of Smolensk region, Smolensk, Russia

The development of agriculture in modern Russia requires the state to take new effective measures to support agricultural producers in the Central Federal district. Achieving the indicators of the Doctrine of food security of the Russian Federation requires new, "breakthrough solutions". The Ministry of agriculture of the Russian Federation has developed a new approach to the provision of state support, which provides for the transformation of certain existing types of subsidies to stimulating and compensating mechanisms. For this purpose, a mechanism was developed to determine the priority sub-sectors of agriculture for each subject of the Russian Federation, based on the potential of the region, as well as the state and prospects of development of agriculture in nearby regions.

Regionalization — a new approach to promoting agricultural development with consideration of development potential of individual sub-sectors of agriculture of the Russian Federation to ensure the implementation of breakthrough scenarios of increasing agricultural production and exports of agricultural products in the subjects of the Russian Federation. And it is within the framework of regionalization that "disconnected support" for the development of agriculture in the regions of the Central Federal district will be distributed in the future.

**Keywords:** agriculture, state support measures, food security, regionalization

### References

1. Decree of the President of the Russian Federation of 30.01.2010 No. 120 «On approval of the Doctrine of food security of the Russian Federation»
2. Federal law No. 264-FZ of 29.12.2006 «On the development of agriculture»

3. The state program of development of agriculture and regulation of markets of agricultural products, raw materials and food (approved by the resolution of the Government of the Russian Federation of July 14, 2012 No. 717)

4. Order of the Prime Minister of the Russian Federation Dmitry Medvedev dated 05 June 2019 DM-P16-4600r

5. Resolution of the government of the Russian Federation of May 31, 2019 No. 696 «On approval of the state pro-

gram of the Russian Federation «Integrated development of rural areas»»

6. Vorobeva E.S. Development of peasant (farm) farms in the conditions of import substitution program: monograph. Moscow: BIBLIO-GLOBUS, 2019. 160p.

7. Kuchumov A.V., Vorobeva E.S. Food security of regions as the basis of food security of Russia: monograph. Moscow: INFRA-M, 2018. 160p.

About the authors:

**Elena S. Vorobeva**, candidat of economics, associate professor, head of the department of economics and accounting, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6756-8002>, [elenasn@yandex.ru](mailto:elenasn@yandex.ru)

**Oleg V. Vorobev**, head of the department of industry, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5906-0839>, [vorobiev\\_ov@admin-smolensk.ru](mailto:vorobiev_ov@admin-smolensk.ru)

**Anastasia E. Kovaleva**, candidat of economics, research fellow, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3100-1335>, [nastenchik2002@mail.ru](mailto:nastenchik2002@mail.ru)

[elenasn@yandex.ru](mailto:elenasn@yandex.ru)



## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ОТРАСЛИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Новосибирской области  
в рамках научного проекта № 19-410-540001*

**М.С. Петухова**

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,  
г. Новосибирск, Россия

В современных условиях высокого уровня неопределенности в развитии науки, техники и технологий в отраслях экономики крайне необходимо научиться целенаправленно управлять этим долгосрочным процессом, что возможно посредством инструментов стратегического планирования, например, методологии форсайта. Особенно это актуально для сельского хозяйства, и в частности, для отрасли растениеводства, где уровень неопределенности значительно выше, чем в других отраслях, в связи с работой с живыми организмами и влиянием на результаты производства природно-климатических условий. Главной особенностью стратегического планирования в отрасли растениеводства является определение перспективных направлений научно-технологического развития в зависимости от природно-сельскохозяйственного зонирования региона, что позволяет учесть специфику различных районов для построения более точного и качественного прогноза.

**Ключевые слова:** стратегическое планирование, форсайт, растениеводство, прогнозирование, сценарии, научно-технологическое развитие.

### Введение

Построение стратегии научно-технологического развития той или иной отрасли экономики связано с высоким уровнем неопределенности, который обусловлен тем, что за длительный прогнозируемый период могут произойти события природно-климатического, экономического или политического характера, в корне изменившие ситуацию в отрасли. Такие события являются вызовами для региона, ответами на которые должны стать те направления развития науки, техники и технологий, которые окажут прорывное воздействие на экономику отрасли растениеводства.

Направление ресурсов на преодоление вызовов в каждой из зон даст возможность снизить уровень дифференциации региона по условиям ведения сельскохозяйственного производства. Внедрение новых технологий производства продукции растениеводства в хозяйства в зависимости от тех природно-сельскохозяйственных зон, где они расположены, позволит перейти на адаптивно-интенсивную систему производства растениеводческой продукции и внедрить в практику достижения научно-технического прогресса, способствующего сохранению базовых природных ресурсов.

Цель данной статьи заключается в разработке методических основ стратегического планирования научно-технологического развития отрасли растениеводства региона.

Для достижения данной цели необходимо решение следующих задач:

- 1) Обоснование необходимости стратегического планирования с использованием методов форсайта;
- 2) разработка алгоритма построения Стратегии научно-технологического развития отрасли растениеводства;

3) определение методических основ стратегического планирования научно-технологического развития отрасли растениеводства региона.

Объект исследования — научно-технологическое развитие отрасли растениеводства региона.

Предмет исследования — методика разработки стратегических документов в отрасли растениеводства.

### Методы исследования

Методологической базой исследований послужили общенаучные способы познания, методы анализа и синтеза, абстрактно-логический и монографический методы, метод группировки, а также методология форсайта, которая является основой для стратегического планирования.

### Результаты и обсуждение

Опыт развитых стран показывает необходимость стратегического планирования с использованием методов форсайта для осуществления социально-экономических и технологических преобразований в различных отраслях экономики [1]. Интерес к будущему обусловлен острой практической потребностью сегодняшнего дня. Необходимость предвидения вероятных сценариев развития в будущем никогда прежде не была столь насущной как сейчас. Это объясняется высокими темпами научно-технического прогресса и, соответственно, уровня неопределенности, порожденного новыми технологиями [2]. Особенно это касается сельского хозяйства. Стратегическое планирование позволяет предвидеть события в будущем и дает возможность заблаговременно подготовиться к ним, предусмотреть все положительные и отрицательные

последствия, и что более важно работать для реализации необходимого сценария будущего.

Предстоящие технологические сдвиги, отдаленные от нас на десятки лет, зарождаются уже сейчас. Решения, принимаемые сегодня, опираются на оценки развития явлений в будущем; в свою очередь они в большей или меньшей степени воздействуют на это будущее. Все это обуславливает необходимость осуществления стратегического планирования научно-технологического развития отрасли растениеводства и разработки конкретных стратегий, позволяющих составить план перехода отрасли на новый технологический уклад [3].

Система стратегического планирования в современных условиях включает в себя проведение форсайт-исследований, разработку прогнозов, составление дорожных карт научно-технологического развития отрасли [4]. Все это может осуществляться как в масштабах страны, так и региона. Для создания региональных стратегий необходима разработка единой методологии стратегического планирования, которая в тоже время должна учитывать особенности каждого региона.

Форсайт является наиболее оптимальным инструментом стратегического планирования научно-технологического развития отрасли, так как позволяет провести всестороннее исследование объекта и определить вероятные траектории развития. Методы форсайта позволяют выявлять перспективные направления исследований и разработок, критические технологии для отрасли [4].

По нашему мнению, Стратегия научно-технологического развития отрасли растениеводства должна основываться на разработке адекватных ответов на вызовы, стоящие перед отраслью региона [5, 6]. Эти вызовы являются основными в





определении направлений научно-технологического развития отрасли растениеводства. Для отрасли растениеводства необходимо выделить следующие вызовы: природно-климатические, экономические, социальные, агробиологические, агроэкологические и технологические.

Существенное влияние на перспективные направления научно-технологического развития отрасли растениеводства оказывают агроэкологические, агробиологические и технологические вызовы. Они обуславливают необходимость новых исследований и разработок в аграрной сфере, способных решить проблемы отрасли. Стоит отметить, что помимо определения вызовов, общих для растениеводства региона, также необходимо выделить вызовы для каждой агроландшафтной зоны [7], так как технологии обработки почвы и уборки урожая в этих зонах различаются из-за природно-климатических особенностей.

Определение для каждой природно-сельскохозяйственной зоны вызовов позволяет посредством таких методов форсайта как критические технологии, Дельфи и библиометрический и патентный анализ выделить перспективные направления научно-технологического развития для отрасли растениеводства региона. На рисунке 1 представлен весь алгоритм данного процесса.

Таким образом, начальным этапом разработки стратегии научно-технологического развития отрасли растениеводства является проведение SWOT-анализа, позволяющего определить сильные и слабые стороны отрасли в регионе, а также возможности и угрозы. На основе проеденного анализа определяются вызовы, как общие, так и для каждой агроландшафтной зоны.

На рисунке 1 представлены 4 агроландшафтные зоны для Новосибирской области [8].

Исходя из полученных данных появляется возможность разработки перечня критических технологий — комплекса межотраслевых (междисциплинарных) технологических решений, которые создают предпосылки для дальнейшего развития различных тематических технологических направлений, имеющих широкий потенциальный круг конкурентоспособных инновационных приложений в отрасли растениеводства и вносящих в совокупности наибольший вклад в реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники [4].

Критические технологии — это ответы на вызовы, стоящие перед регионом. Приоритетные направления науки, техники и технологий растениеводства должны формулироваться в контексте ответов на вызовы, стоящих перед отраслью.

Например, ответом на вызов «рост темпов урбанизации, снижение естественного плодородия почв и увеличение частоты экстремальных погодных явлений» являются технологии ситифермерства и современные тепличные технологии (аэропоника, гидропоника, хайпоника с усовершенствованной автоматикой и системой управления; вертикальные фермы; аквапоника, биопоника; роботизированные теплицы; конвейерное выращивание рассады овощей способом малообъемной культуры в кассетах) [10]. Аналогичным образом определяются и остальные критические технологии.

Далее необходимо проведение библиометрического и патентного анализа по российским и международным базам, с помощью которых выявляются исследовательские фронты, то есть те направления исследований, которые наиболее

востребованы в настоящее время в научно-исследовательской сфере [4].

В результате будет сформирован перечень перспективных направлений исследований и разработок в отрасли растениеводства. Для его верификации необходимо с помощью метода Дельфи провести опрос экспертов в отрасли. Разрабатываются анкеты, где предложен перечень перспективных направлений исследований и разработок. Эксперты должны согласиться с направлениями, либо предложить альтернативные технологии, которые, по их мнению, окажут существенное влияние на развитие растениеводства в будущем. Для каждой из выделенных природно-сельскохозяйственных зон определяются собственные технологии, что обусловлено природно-климатическими особенностями. В связи с этим, эксперты должны выбираться из того региона, для которого проводится исследование.

Анкетирование может проводиться в два этапа для уточнения конечного перечня перспективных направлений исследований и разработок в отрасли растениеводства. Также с этой целью проводятся экспертные панели и мозговые штурмы.

После того, как определены критические технологии и перспективные направления исследований и разработок, необходимо построение прогноза научно-технологического развития отрасли [11], основанного на трех альтернативных сценариях. На практике сценарии носят реалистичный, оптимистичный и пессимистичный характер, что в данном случае отражается на прогнозных индикаторах, направлениях развития науки, техники и технологий и сценарных условиях.

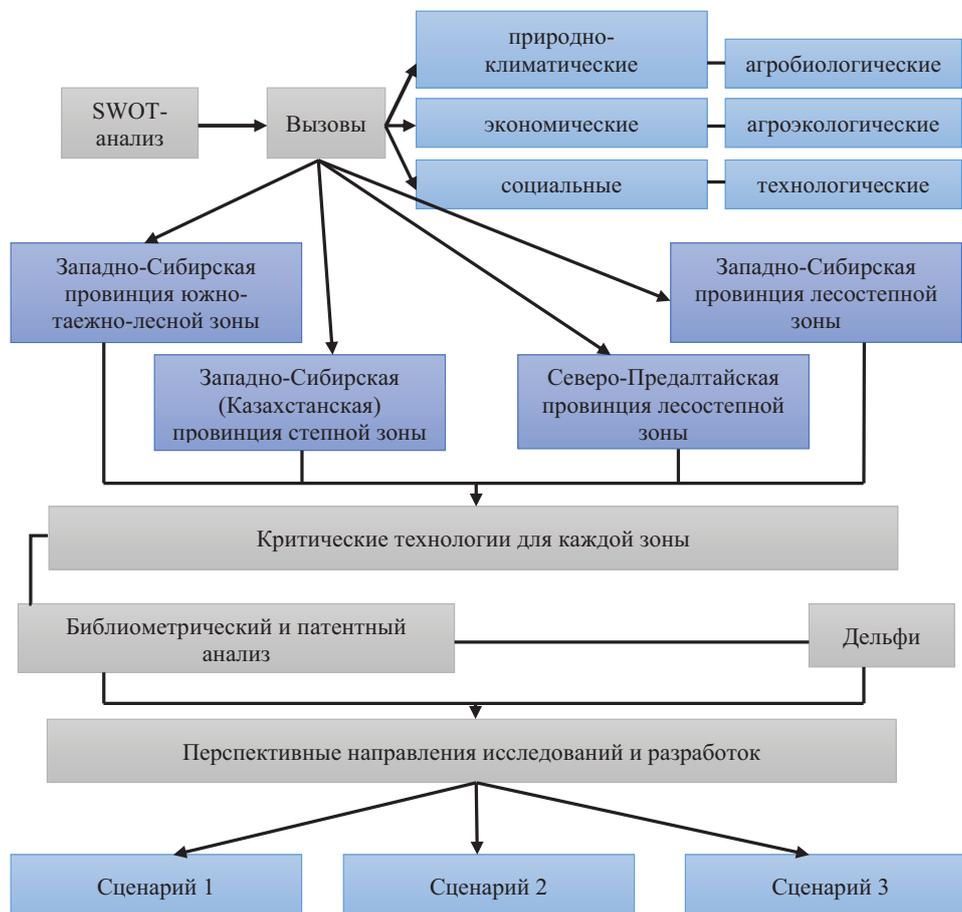


Рис.1. Алгоритм разработки стратегии научно-технологического развития отрасли растениеводства региона



На основе полученных результатов разрабатывается дорожная карта научно-технологического развития отрасли, где определяются ориентиры технологического развития отрасли, областей прорывных инноваций и технологических приоритетов и траекторий реализации результатов научно-исследовательской работы в конкретных технологиях и продуктах. Дорожная карта позволяет сформировать комплекс мероприятий, обеспечивающих переход отрасли к новому технологическому укладу. Дорожная карта обобщает мнение экспертного сообщества о важнейших технологиях и продуктах, способных оказать существенное влияние на научно-технологическое развитие отрасли растениеводства, о потенциале и структуре спроса на продукцию и возможностях технологий по обеспечению значимых потребительских свойств, и представляющая технологии и продукцию в виде взаимосвязанной системы с привязкой к единой временной шкале.

### Выводы

Необходимость стратегического планирования научно-технологического развития отрасли растениеводства региона обуславливается возможностью сосредоточения выделяемых ресурсов на решении главных проблем растениеводства и обеспечения условия для технологического прорыва в отрасли. С помощью предложенной методики разработки стратегии научно-технологического развития отрасли

растениеводства региона появляется возможность определения наиболее перспективных для данного региона направлений исследований и разработок и, в конечном счете технологий обработки почвы и уборки урожая.

Дальнейшая визуализация разработанной стратегии в виде дорожной карты позволяет определить точный маршрут для достижения поставленных целей органам власти, научно-исследовательским и образовательным учреждениям и сельхозтоваропроизводителям. Разработка альтернативных сценариев, отличающихся как стартовыми сценарными условиями, так и конечными прогнозными индикаторами, дает возможность снизить уровень неопределенности в отрасли и предусмотреть несколько наиболее вероятных траекторий ее научно-технологического развития.

### Литература

1. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420384257> (дата обращения: 13.09.2018).
2. Ушачев И., Колязина Е., Аржанцев С. Совершенствование организационно-экономического механизма рынка научно-технической продукции в растениеводстве // АПК: экономика, управление. 2018. № 8. С. 68-79.
3. Трофименко И.Л. Разработка модели технологического развития растениеводства / И.Л. Трофименко, И.Р. Салманова // Никоновские чтения. 2010. № 15. С. 322-323.

4. Технологическое будущее российской экономики: Доклад к XIX апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества / гл. ред. Л. М. Гохберг; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». М.: Изд-во ВШЭ, 2018. 193 с.

5. Санду И.С., Афонина В.Е., Чепик Д.А. Инновационное развитие АПК в условиях экономических и технологических вызовов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2018. № 6(39). С. 15-20.

6. Rudoy E., Petukhova M., Ryumkin S. Key challenges and opportunities of scientific and technological development of Russia's crop industry // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019.

7. Власенко А.Н., Добротворская Н.И., Семдяева Н.В. Агроэкологическая оценка и типизация земель как базовый элемент проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия: методические рекомендации ГНУ Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства. Новосибирск. 2011. 55 с.

8. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области РАСХН. Сибирское отделение СибНИИЗХИМ. Новосибирск. 2002. 388 с.

9. Яковлева С.И. Угрозы, вызовы, риски и проблемы как важные категории стратегического планирования регионов // Псковский региональный журнал. 2017. № 3(31). С. 3-16.

10. Папцов А.Г., Алтухов А.И., Кашеваров Н.И. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года. Новосибирск: Изд-во НГАУ «Золотой колос», 2019. 100 с.

11. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 года / под ред. Л.М. Гохберга. М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2016. 56 с.

Об авторах:

**Петухова Марина Сергеевна**, кандидат экономических наук, научный сотрудник, [russian\\_basket11@mail.ru](mailto:russian_basket11@mail.ru)

## METHODOLOGICAL BASES OF STRATEGIC PLANNING IN THE PLANT INDUSTRY

**M.S. Petukhova**

Federal state budgetary educational institution of higher education "Novosibirsk state agrarian university", Novosibirsk, Russia

In modern conditions of a high level of uncertainty in the development of science, engineering and technology in economic sectors, it is imperative to learn how to purposefully manage this long-term process, which is possible through strategic planning tools, for example, foresight methodology. This is especially true for agriculture, and in particular for the crop sector, where the level of uncertainty is much higher than in other sectors due to work with living organisms and the impact on the results of production of natural and climatic conditions. The main feature of strategic planning in the crop sector is the identification of promising areas of scientific and technological development depending on the natural and agricultural zoning of the region, which allows you to take into account the specifics of different regions to build a more accurate and high-quality forecast.

**Keywords:** strategic planning, foresight, crop production, forecasting, scenarios, scientific and technological development.

### References

1. About strategy of scientific and technological development of the Russian Federation: the Decree of the President of the Russian Federation of December 1, 2016 No. 642. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420384257> (date accessed: 13.09.2018).
2. Ushachev I., Kolyazina E., Arzhansev S. Improvement of the organizational and economic mechanism of the market of scientific and technical products in crop production. *APK: ekonomika, upravlenie = Agro-industrial complex: Economics, management*. — 2018. — No. 8. Pp. 68-79.
3. Trofimenko I.L., Salmanova I.R. Development of a model of technological development of crop production. *Nikonovskie chtenija = Nikon readings*. 2010. No. 15. Pp. 322-323.
4. The technological future of the Russian economy: XIX april international scientific conference on problems of

development of economy and society / CH. ed. L.M. Gokhberg. Moscow: HSE Publishing house, 2018. 193 p.

5. Sandu I.S., Afonina V.E., Chepik D.A. Innovative development of agriculture in the conditions of economic and technological challenges. *Ekonomika, trud, upravlenie v selskom hozjajstve = Economics, labor, management in agriculture*. 2018. No. 6 (39). Pp. 15-20.

6. Rudoy E., Petukhova M., Ryumkin S. Key challenges and opportunities of scientific and technological development of Russia's crop industry // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019.

7. Vlasenko A.N., Dobrotvorskaya N.I., Semendyaeva N.V. Agroecological assessment and typification of lands as a basic element of designing adaptive landscape systems of agriculture: methodical recommendations. *Vile science research Institute of agriculture and chemicalization*. Novosibirsk. 2011. 55 p.

8. Adaptive landscape systems of agriculture of the Novosibirsk region. Russian Academy of agricultural Sciences. Siberian branch of the research Institute of agriculture and chemistry. Novosibirsk. 2002. 388 p.

9. Yakovleva S.I. Threats, challenges, risks and problems as important categories of strategic planning of regions. *Pskovskij regionologicheskij zhurnal = Pskov regional journal*. — 2017. — No. 3 (31). — Pp. 3-16.

10. Paptsov A.G., Altukhov A.I., Kашеваров N.I. Forecast of scientific and technological development of the crop industry, including seed production and organic farming in Russia, in the period up to 2030. Novosibirsk: NGAU "Golden ear", 2019. 100 p.

11. Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030 / ed. L.M. Gokhberg. Moscow: HSE Publishing house, 2016. 56 p.

About the authors:

**Marina S. Petukhova**, candidate of economic sciences, researcher, [russian\\_basket11@mail.ru](mailto:russian_basket11@mail.ru)

[russian\\_basket11@mail.ru](mailto:russian_basket11@mail.ru)





## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДЕБИТОРСКОЙ И КРЕДИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Н.Н. Бондина, И.А. Бондин

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза, Россия

В статье авторы обосновали роль и влияние дебиторской и кредиторской задолженности на финансовое состояние организации, отразили суммарную задолженность по обязательствам сельскохозяйственных организаций за последние 10 лет. Представлен состав и движение дебиторской и кредиторской задолженности (как долгосрочной, так и краткосрочной), проанализирована оборачиваемость обеих видов задолженностей, рассмотрено соотношение дебиторской и кредиторской задолженности в сравнении с их оптимальным значением. Предложены приоритетные направления управления дебиторской задолженностью в целях своевременности ее взыскания, а также рекомендации по погашению кредиторской задолженности.

**Ключевые слова:** дебиторская и кредиторская задолженность, состав, движение, анализ, оборачиваемость.

Современное предприятие с целью обеспечения своего динамичного, поступательного развития (особенно, если оно функционирует в условиях высокой конкуренции, санкций и курса на импортозамещение) должно проводить достаточно гибкую политику в экономической сфере и оперативно реагировать на все изменения ситуации. Любая производственная деятельность, в том числе и в сфере аграрного производства, предполагает обменные операции произведенной продукции на иной товар или денежные средства с целью последующего повторения воспроизводственного процесса. Данные операции между организациями приводят к возникновению обязательств контрагентов. Основными видами таких обязательств являются дебиторская и кредиторская задолженности. Поэтому весомое значение имеет надлежащее отражение анализа состояния дебиторской и кредиторской задолженностей в сельскохозяйственных организациях. Это обуславливается тем, что суммы балансовых остатков по данным видам задолженностей, а также периоды оборота каждой из них непосредственно влияют на объективность оценки платежеспособности хозяйствующего субъекта.

В основе финансовой деятельности коммерческих предприятий лежит постоянный кругооборот денежных средств, авансированных для производства и сбыта продукции. В каждом хозяйственном цикле эти средства должны возобновляться, то есть с прибылью возвращаться предприятию. Дебиторская задолженность является одним из основных источников формирования финансовых потоков платежей.

Кредиторская задолженность как долговое обязательство организации всегда содержит суммы потенциальных выплат, нуждающихся в бухгалтерском наблюдении и контроле. От состояния расчетов с дебиторами и кредиторами во многом зависит платежеспособность организации, ее финансовое положение и инвестиционная привлекательность.

В настоящее время большое внимание уделяется расчетам с покупателями и заказчиками, поставщиками и подрядчиками, прочими дебиторами и кредиторами. Это обусловлено тем, что постоянно совершающийся кругооборот хозяйственных средств вызывает непрерывное возобновление многообразных расчетов. Одним из наиболее распространенных видов расчетов как раз и являются расчеты с покупателями и заказчиками, поставщиками и подрядчиками, прочими дебиторами и кредиторами за сырье, материалы, товары и прочие материальные ценности.

Наличие дебиторской и кредиторской задолженностей является естественным состоянием системы денежных расчетов между хозяйствующими субъектами. Это объясняется, помимо прочего, тем, что всегда имеется разрыв между временем осуществления платежей и моментом перехода права собственности на товар. Кроме того, задержка платежей, к сожалению, может быть обусловлена и иными «субъективными» причинами. Все это в некоторых случаях и при определенных условиях может привести к необходимости заимствовать дополнительные средства у кредитных организаций, а иногда даже к банкротству. Следовательно, значение контроля

со стороны самого предприятия за изменением показателей кредиторской и дебиторской задолженностей, несомненно, велико. С помощью данного вида контроля не только обеспечивается качество учета и достоверность отчетности, но и выявляются (мобилизуются) имеющиеся у хозяйствующего субъекта резервы в сфере финансов и предпринимательской деятельности.

Для улучшения расчетной дисциплины следует уделять особое внимание оценке состояния и анализу дебиторской и кредиторской задолженности.

Суммарная задолженность по всем обязательствам в организациях, осуществляющих деятельность в сельском хозяйстве Пензенской области, за 2010-2018 гг. увеличилась в 4 раза и к отчетному периоду составила 76935,3 млн руб. (табл. 1). Следует отметить, что просроченная задолженность за исследуемый период сократилась в 2,3 раза.

В абсолютном выражении наблюдается наибольший рост задолженности по кредитам и займам. Так, в 2018 г. она составила 65162,6 млн руб., что на 50344,1 млн руб. выше уровня 2010 г. Дебиторская задолженность за исследуемый период увеличивалась более быстрыми темпами, чем кредиторская задолженность. Так, дебиторская задолженность за 2010-2018 гг. выросла в 4,5 раза, а кредиторская задолженность — в 2,8 раза. Кроме того, прослеживается превышение дебиторской задолженности над кредиторской, что приводит к необходимости привлечения дорогостоящих банковских кредитов и займов для обеспечения текущей производственно-хозяйственной деятельности сель-

Таблица 1

Задолженность организаций, осуществляющих деятельность в сельском хозяйстве, млн руб.

Показатели	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Суммарная задолженность по обязательствам	19054,6	25131,6	30163,9	36991,0	42133,8	52147,7	57441,8	63960,5	76935,3
в том числе просроченная	671,8	416,0	378,8	166,3	90,6	289,5	413,1	322,0	298,0
Из суммарной задолженности:									
кредиторская задолженность	4236,2	5240,3	5411,9	8166,1	8870,5	12086,3	11683,1	11084,3	11772,6
в том числе просроченная	475,1	358,3	293,0	161,1	85,3	220,1	289,0	297,0	250,8
задолженность по кредитам и займам	14818,5	19891,3	24752,0	28824,9	33263,3	40061,4	45758,7	52876,2	65162,6
дебиторская задолженность	4077,9	5055,4	7784,5	9799,2	10908,0	16058,0	19030,7	19091,2	18472,9
в том числе просроченная	179,4	404,3	62,3	147,7	128,6	45,6	43,3	92,3	85,6



скохозяйственных организаций. Оптимальной является ситуация, когда темпы роста дебиторской задолженности сопоставимы с темпами роста кредиторской задолженности. Рекомендуемое значение соотношения дебиторской и кредиторской задолженности составляет единицу. Как видно из данных таблицы 1, в отчетном году уровень данного показателя заметно превышен.

Оценка состава и движения долгосрочной и краткосрочной дебиторской задолженностей сельскохозяйственных организаций Пензенской области за 2018 г. представлена в таблицах 2 и 3.

При анализе долгосрочной дебиторской задолженности отметим, что основная доля ее приходилась на задолженность покупателей и заказчиков — более 90%. На авансы выданные приходится около 1%, и на долю прочей задолженности — около 9%, то есть организации осуществляют взаимоотношения с другими организациями по прочим операциям.

Данные таблицы 3 показывают, что за год общая сумма краткосрочной дебиторской задолженности увеличилась незначительно и составила на конец года 17413355 тыс. руб.

В краткосрочной дебиторской задолженности также доминирует задолженность покупателей и заказчиков, на которую на конец года приходилось 44,1%, авансов выданных — 37,0%, прочие дебиторы — 18,9%.

Дебиторская задолженность отвлекает средства из оборота, ухудшая тем самым финансовое положение сельскохозяйственных организаций.

Кредиторская задолженность показывает сумму денежных средств, которые необходимо выплатить в ближайшем будущем другим организациям и лицам. Следовательно, организация должна обеспечить приток денежных средств, чтобы произвести эти выплаты. Оценка состава и движения долгосрочной кредиторской задолженности сельскохозяйственных организаций Пензенской области за 2018 г. представлена в таблицах 4 и 5.

Данные таблицы 4 показывают, что за 2018 г. общая сумма долгосрочной кредиторской задолженности возросла на 15264725 тыс. руб. и на конец года составила 56763559 тыс. руб., что отрицательно сказывается на финансовом состоянии предприятий. В структуре долгосрочной дебиторской задолженности наибольший удельный вес приходится на задолженность по кредитам — 82,1%.

Краткосрочная кредиторская задолженность за 2018 г. возросла на 9037270 тыс. руб. и на конец года составила 38809584 тыс. руб. Наибольший удельный вес в ней приходится на задолженность по кредитам — 52,7%. Также не малую долю занимает задолженность перед поставщиками и подрядчиками — 24,3%. В структуре краткосрочной кредиторской задолженности лишь сумма по авансам, полученным на конец года, снизилась на 535978 тыс. руб., хотя их наличие способствовало бы предотвращению роста дебиторской задолженности путем авансирования предстоящих поставок.

Задолженность перед поставщиками и подрядчиками на конец 2018 г. составила 1627492 тыс. руб., что на 584776 тыс. руб. выше уровня начала года. Аналогичная ситуация наблюдается по авансам полученным и задолженности по налогам и сборам.

Оборачиваемость дебиторской и кредиторской задолженности характеризуется следующими показателями: коэффициентом оборачиваемости и оборачиваемостью в днях (табл. 6).

Как показывают данные таблицы 6, оборачиваемость дебиторской задолженности по годам колеблется. Так, если в 2010 г. коэффициент оборачиваемости составлял 2,69, то к 2013 г. он снизился до 2,02, а к отчетному году увеличился до 2,49. Продолжительность оборота дебиторской задолженности в 2018 г. составила 145 дней, что на 11 дней выше уровня 2010 г. и на 33 дня ниже уровня 2013 г.

В связи с замедлением оборачиваемости кредиторской задолженности за 2010-2018 гг. на 1,18, уменьшился срок, в течение которого предприятие рассчитывается по своим долгам с кредиторами. Так, в отчетном году период погашения кредиторской задолженности составил 98 дней, что на 45 дней быстрее, чем в 2010 г. Снижение данного показателя можно оценить как положительное, так как это положительно влияет на платежеспособность предприятия. Следует отметить, что наибольшее значение коэффициента оборачиваемости кредиторской задолженности наблюдалось в 2016 г. (4,01) при продолжительности оборота 90 дней.

При проведении анализа большое значение имеет показатель соотношения дебиторской и кредиторской задолженности, то есть отвлеченного из оборота денежного капитала и привлеченного капитала в качестве источника финансирования текущих платежей. Между ними чаще всего прослеживается прямая зависимость. Неплатежи поставщикам зачастую связаны с отвлечением денежного капитала из оборота. Если соотношение равно 1, то это считается нормальным состоянием расчетов.

Коэффициент соотношения дебиторской и кредиторской задолженности в сельскохозяйственных организациях Пензенской области за анализируемый период имеет тенденцию к увеличению, что свидетельствует о превышении дебиторской задолженности над кредиторской, что является неблагоприятным фактом.

**Таблица 2**  
Состав и движение долгосрочной дебиторской задолженности, тыс. руб.

Состав дебиторской задолженности	Остаток на начало года	Возникло	Погашено	Остаток на конец года	Изменение (+, -)
Расчеты с дебиторами — всего	2661747	1729282	1294928	3096101	434354
В том числе:					
покупатели и заказчики	2494825	1643326	1279375	2858776	363951
авансы выданные	2218	30938	85	33071	30853
прочие дебиторы	164704	55018	15468	204254	39550

**Таблица 3**  
Состав и движение краткосрочной дебиторской задолженности, тыс. руб.

Состав дебиторской задолженности	Остаток на начало года	Возникло	Погашено	Остаток на конец года	Изменение (+, -)
Расчеты с дебиторами — всего	17220470	59935599	59250432	17413355	192885
В том числе:					
покупатели и заказчики	7866187	34613061	34585810	7668611	-197576
авансы выданные	5615137	19484596	18440357	6456190	841053
прочие дебиторы	3739146	5837942	6224265	3288554	-450592

**Таблица 4**  
Движение долгосрочной кредиторской задолженности, тыс. руб.

Виды кредиторской задолженности	На начало года	Поступило	Погашено	На конец года	Изменение (+, -)
Кредиторская задолженность — всего	41498835	20499725	9501382	56763559	15264724
В том числе:					
кредиты	33322744	13566969	4514362	46609746	13287002
займы	6723800	5971157	4297208	8448429	1724629
прочие	1452291	961599	689812	1705384	253093

**Таблица 5**  
Движение краткосрочной кредиторской задолженности, тыс. руб.

Виды кредиторской задолженности	На начало года	Поступило	Погашено	На конец года	Изменение (+, -)
Кредиторская задолженность — всего	29772314	66074838	62739611	38809584	9037270
В том числе:					
поставщики и подрядчики	7186632	34226797	31981138	9431017	2244385
авансы полученные	2758252	3473925	4009899	2222274	-535978
расчеты по налогам и сборам	363737	2759659	2633382	516717	152980
Кредиты	13381165	17309936	15300200	20442880	7061715
Займы	4331277	4547942	5101984	4390865	59588
Прочие	1751251	3756579	3713008	1805831	54580





Анализ оборачиваемости дебиторской и кредиторской задолженности

Показатели	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Дебиторская задолженность, тыс. руб.	4434689	6016567	8179700	10410853	9954962	16344500	18000118	19852886	20475733
Коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности	2,69	2,52	2,35	2,02	2,64	2,29	2,43	2,17	2,49
Продолжительность оборота дебиторской задолженности, дни	134	143	153	178	136	157	148	166	145
Кредиторская задолженность, тыс. руб.	4775971	5196222	5419772	8281089	8819456	9466739	10905414	11929886	13855024
Коэффициент оборачиваемости кредиторской задолженности	2,51	2,92	3,54	2,53	2,98	3,96	4,01	3,61	3,69
Продолжительность оборота кредиторской задолженности, дни	143	123	102	142	121	91	90	100	98
Коэффициент соотношения дебиторской и кредиторской задолженности	0,93	1,16	1,51	1,26	1,13	1,73	1,65	1,66	1,48

Учитывая, что важнейшим показателем дебиторской задолженности является ее оборачиваемость, целесообразно проводить политику управления дебиторской задолженностью, направленную на сокращение длительности оборота. Целесообразно увеличивать количество договоров, заключенных на условиях предоплаты, сокращать предоставляемую отсрочку платежа до минимально возможного значения, разработать систему ценовых скидок при осуществлении расчетов за приобретенную продукцию или же при осуществлении платежа ранее оговоренного срока.

Одновременно необходимо следить за кредиторской задолженностью, своевременно погашать свои долги, в противном случае предприятие может потерять доверие кредиторов, будет подвергнуто штрафным санкциям по расчетам с контрагентами. Также в качестве направления по снижению кредиторской задолженности

можно осуществлять ряд процедур, к числу которых относятся:

- составление бюджета кредиторской задолженности (с указанием остатков на начало и конец периода, суммы задолженности прошлых периодов к оплате в текущем, оплаты задолженности и авансов, полученных по отгрузке будущих периодов и др.);
- анализирование соотношения дебиторской и кредиторской задолженности;
- проведение регулярного контроля за своевременностью погашения кредиторской задолженности.

**Литература**

1. Бондина Н.Н. Актуальные проблемы бухгалтерского учета, аудита и анализа в современных условиях: монография / под общ. ред. Н.Н. Бондиной. Пенза: РИО ПГСХА, 2017. 184 с.

2. Бондина Н.Н. Система внутрихозяйственного контроля как фактор улучшения расчетной дисциплины. Бухгалтерский учет, анализ, аудит и налогообложение: проблемы и перспективы / МНИЦ ПГСХА. Пенза: РИО ПГСХА, 2014. С. 16-19.

3. Зубкова Т.В. Анализ дебиторской и кредиторской задолженности. Бухгалтерский учет, аудит и налоги: основы, теория, практика. VII Всероссийская научно-практическая конференция: сборник статей / МНИЦ ПГСХА. Пенза: РИО ПГСХА, 2015. С. 79-82.

4. Солонникова И.С., Дуравкина Е.А. Управление дебиторской задолженностью: учет и контроль. Бухгалтерский учет, анализ, аудит и налогообложение: проблемы и перспективы / МНИЦ ПГСХА. Пенза: РИО ПГСХА, 2014. С. 121-124.

5. Кришталева Т.И., Корзун Г.И. Оценка дебиторской задолженности в бухгалтерской отчетности // Международный бухгалтерский учет. 2012. № 43.

6. Сельское хозяйство Пензенской области в цифрах и фактах: статистический сборник. Пенза, 2019. 300 с.

Об авторах:

**Бондина Наталья Николаевна**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой бухгалтерского учета, анализа и аудита, natalya\_bondina@mail.ru  
**Бондин Игорь Александрович**, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, igor\_bondin@mail.ru

**ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE STATUS OF ACCOUNTS AND ACCOUNTS PAYABLE IN AGRICULTURAL ORGANIZATIONS**

**N.N. Bondina, I.A. Bondin**

Penza state agrarian university, Penza, Russia

The authors in their article substantiated the role and impact of receivables and payables on the financial condition of the organization, reflected the total debt on the obligations of agricultural organizations over the past nine years. The composition and movement of receivables and payables (both long-term and short-term) is presented, the turnover of both types of debts is analyzed, the ratio of receivables and payables in comparison with their optimal value is considered. Priority directions for the management of accounts receivable in order to timely collect them, as well as recommendations for paying off accounts payable are proposed.

**Keywords:** accounts receivable and accounts payable, composition, movement, analysis, turnover.

**References**

1. Bondina N.N. Actual problems of accounting, audit and analysis in modern conditions: monograph. Under general editorship of N.N. Bondina. Penza: RIO PSAU, 2017. 184 p.  
 2. Bondina N.N. The system of internal control as a factor in improving accounting discipline. Accounting, analysis, audit and taxation: problems and prospects. ISA PPSA. Penza: RIO PSAU, 2014. Pp. 16-19.

3. Zubkova T.V. Analysis of receivables and payables. Accounting, audit and taxes: basics, theory, practice. VII All-Russian scientific and practical conference: collection of articles. ISA PPSA. Penza: RIO PSAU, 2015. Pp. 79-82.  
 4. Solonnikova I.S., Duravkina E.A. Accounts receivable management: accounting and control. Accounting, analysis, audit and taxation: problems and prospects. ISA PPSA. Penza: RIO PSAU, 2014. Pp. 121-124.

5. Krishtaleva T.I., Korzun G.I. Assessment of receivables in financial statements. *Mezhdunarodnyj bukhgalterskij uchet = International Accounting*. 2012. No. 43.  
 6. Agriculture of the Penza region in figures and facts: a statistical compilation. Penza, 2019. 300 p.

About the authors:

**Natalia N. Bondina**, doctor of economic sciences, professor, head of the department of accounting, analysis and audit, natalya\_bondina@mail.ru  
**Igor A. Bondin**, doctor of economic sciences, professor of the department of accounting, analysis and audit, igor\_bondin@mail.ru

**igor\_bondin@mail.ru**



# ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПЕНИТЕНЦИАРНОЙ СИСТЕМЫ

О.В. Макарова, С.В. Гаспарян, М.Н. Цацина

ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний», г. Рязань, Россия

В статье рассматривается комплекс мероприятий, способствующих повышению экономической эффективности сельскохозяйственного производства пенитенциарной системы, приводится классификация субъектов хозяйствования АПК уголовно-исполнительной системы РФ, особое внимание уделяется роли государственной поддержки в развитии аграрного производства в исправительных учреждениях. Предлагаются мероприятия, способствующие повышению экономической эффективности сельскохозяйственного производства в подразделениях уголовно-исполнительной системы.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственное производство, пенитенциарная система, экономическая эффективность, государственная поддержка, субъекты хозяйствования.

**Введение.** В Российской Федерации особое внимание уделяется преобразованиям в сельскохозяйственном производстве с целью превращения его в высокопродуктивную отрасль экономики, которая будет способна обеспечить население страны продуктами питания собственного производства. Это становится возможным за счет повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства страны.

В уголовно-исполнительной системе (УИС) на протяжении последних лет ведется активная работа по расширению собственного производства сельскохозяйственной продукции во всех аграрных формированиях, особенно в таких отраслях, как растениеводство и животноводство [1].

Необходимо отметить, что сельскохозяйственные подразделения учреждений УИС обеспечивают производство и поставку продуктов питания на нужды уголовно-исполнительной системы, осужденных, а также лиц, находящихся в следственных изоляторах и тюрьмах, и тем самым, в определенной степени, снижают напряженность в решении задачи продовольственной безопасности.

Пенитенциарная система нацелена на максимальную загрузку производственных мощностей гарантированными объемами сельскохозяйственной продукции, в результате чего увеличивается привлечение к труду осужденных к лишению свободы, имеется возможность организовать их профессиональную подготовку, привить трудовые навыки, которые будут полезны и после их освобождения [2].

При этом необходимо принять во внимание тот факт, что сельскохозяйственным подразделениям учреждений УИС тяжело конкурировать на рынке с коммерческими организациями в силу ряда ограничительных условий их функционирования. Современные реалии таковы, что большая часть аграрных формирований УИС имеет неустойчивое финансовое состояние [3].

Тем не менее для обеспечения продовольственной безопасности (независимости) УИС в Концепции развития УИС сформулирована задача перехода на усиленный уровень самообеспеченности учреждений.

**Цели и методы исследования.** Целью данного исследования является выработка теоретических положений и практических рекомендаций по повышению экономической эффективности функционирования аграрных формирований учреждений пенитенциарной системы. Для достижения целей исследования были использованы следующие методы: абстрактно-логический, экспертных оценок, сравнения, расчетно-конструктивный и прогнозирование.

## Результаты и обсуждения.

Для достижения поставленной цели были проведены следующие мероприятия:

1. Проведена классификация субъектов хозяйствования в АПК системы ФСИН;
2. Определены возможные источники финансирования для сельскохозяйственного производства в уголовно-исполнительной системе;
3. Изучен опыт высокоэффективных аграрных формирований учреждений пенитенциарной системы;
4. Выявлены факторы, сдерживающие развитие сельскохозяйственного производства.
5. Определены меры повышения эффективности АПК уголовно-исполнительной системы.

При этом использовались следующие методы: абстрактно-логический, экспертных оценок, сравнения, расчетно-конструктивный и прогнозирование.

На экономическую ситуацию, а значит и на выбор экономических инструментов, в которой развивается ведомственная система аграрных формирований, воздействуют множество факторов, одним из которых является принадлежность самого хозяйства к той или иной организационно-правовой форме.

Дело в том, что на сегодняшний день нет единообразия правового статуса сельскохозяйственных подразделений ФСИН России: часть из них являются федеральными государственными унитарными предприятиями, другие состоят на балансе казенных учреждений в качестве подсобных хозяйств, третьи функцио-

нируют в режиме колоний-поселений, которые специализируются на выпуске и переработке сельскохозяйственной продукции. Учитывая данное обстоятельство и потенциальную возможность влияния правового статуса на характер получения и распределения доходов, на интенсивность производственных отношений и динамику производительных сил, нами проведена систематизация сельскохозяйственных формирований уголовно-исполнительной системы, в результате чего предлагается следующая классификация, исходя из таких критериев группировки как характер финансового обеспечения, по праву собственности, по масштабу сельскохозяйственного производства (таб.1) [3].

Исходя из представленной классификации можно отметить, что для такой формы хозяйствования как ФГУП ФСИН России имеется возможность получения кредитов и займов; доступна такая форма долгосрочной аренды как лизинг; соблюдается налоговая политика, реализуемая через систему налоговых льгот; осуществляется бюджетное финансирование; соблюдается главная цель самообеспечения; имеется возможность страхования урожая, что является одним из значительных достижений в развитии данного направления.

Что же касается таких сельскохозяйственных предприятий, как Федеральные казенные учреждения, то необходимо отметить тот факт, что многие доступные формы, способствующие развитию сельскохозяйственного производства, просто отсутствуют [2]. Наибольшее распространение в пенитенциарной системе получили подсобные хозяйства федеральных казенных учреждений, которым запрещены кредиты и займы в соответствии с Бюджетным Кодексом Российской Федерации, в ведомственных нормативных актах отсутствует законодательная инициатива в области приобретения и использования лизинга; отсутствует система налоговых льгот, так как это противоречит ведомственным инструкциям и законодательству РФ на уровне Минфина; такое понятие как страхование урожая отсутствует, что связано с дефицитом финансовых ресурсов.





Классификация субъектов хозяйствования АПК уголовно-исполнительной системы РФ

Федеральные государственные унитарные предприятия сельскохозяйственного профиля (ФГУП) ФСИН России	Подсобные хозяйства федеральных казенных учреждений ФСИН России	Федеральные казенные учреждения-колонии-поселения ФСИН России (КП)
<b>По характеру финансового обеспечения</b>		
Имеют возможность получения кредитов и займов	Не имеют права на пользование кредитами, субсидиями и другими преференциями	
<b>По праву собственности</b>		
Предприятия с самостоятельным балансом	Не являются юридическими лицами, выступают как подразделения исправительных учреждений	Учреждения казенного типа
<b>По масштабам сельскохозяйственного производства</b>		
Предприятия, выполняющие объемы сельхозтоваропроизводителей	Не имеют значительных оборотов сельскохозяйственной продукции	Учреждения, в которых производится сельскохозяйственная продукция с наибольшими объемами

Практика, последних лет убеждает нас в том, что независимо от того в какой форме хозяйствования функционирует тот или иной сельскохозяйственный товаропроизводитель, удовлетворяющий потребность населения обойтись без поддержки государства ему невозможно.

В УИС для аграрных формирований основными источниками финансирования могут быть: во-первых, федеральная целевая программа; во-вторых, доход от приносящей доход деятельности; в-третьих, частный капитал.

Положительный опыт работы по всем этим направлениям уже имеется в системе.

Таким примером может послужить ГУФСИН России по Красноярской области.

Так, с целью улучшения дотационной политики в отношении сельскохозяйственных отраслей подсобных хозяйств в учреждениях ФСИН Красноярского края внесены изменения в Закон Красноярского края от 21 февраля 2006 г. № 17 — 4487 «О государственной поддержке субъектов агропромышленного комплекса края», согласно которому за учреждениями ФСИН закреплён статус как «сельскохозяйственные производители». Такой факт позволил учреждениям ФСИН развивать аграрную отрасль, используя весь имеющийся потенциал региона, что произошло впервые в истории развития сельскохозяйственного производства пенитенциарной системы.

Основными видами производства в учреждениях ГУ ФСИН являются: растениеводство, животноводство и пищевая промышленность. Отметим, как положительный момент то, что помимо развития собственного производства пенитенциарные учреждения имеют возможность размещать на своих площадях производственные участки сторонних организаций малого бизнеса, что способствует увеличению рабочих мест для осужденных. Осужденные, которые не имеют специальности, могут получить ее в профессиональных училищах при учреждениях и центрах трудовой адаптации.

По статистическим данным на сегодняшний день известно, что вывод на оплачиваемые работы в пенитенциарных учреждениях Красноярского края составляет 60%, что намного выше, чем в среднем по УИС.

Для того, чтобы увеличить трудовую занятость осужденных, пенитенциарные учреждения ГУФСИН России по Красноярской области участвуют в производственных проектах, как регионального, так и федерального значения.

Так, с августа 2017 года ГУФСИН России по Красноярскому краю приступил к реализации нового проекта трудовой занятости осужденных на базе птицефабрики АО «ЕнисейАгроСоюз», расположенной в Сухобузимском районе, где был открыт кратковременный производственный участок ИК-16 (п. Громадск). На данном участке было организовано производство мяса кур. Отметим, что ранее на этом месте функционировала птицефабрика «Индюшкино», где также основной производственной деятельностью было мясо кур, однако в 2016 году данную птицефабрику признали банкротом. «ЕнисейАгроСоюз» арендовал имеющиеся свободные производственные мощности предприятия. Сейчас статус данного предприятия расширен и носит название агрохолдинг, который окончательно выкупил производственно-технологический комплекс бывшей птицефабрики.

Другим примером развития сельскохозяйственного производства за счет перераспределения прибыли, полученной учреждениями от приносящей доход деятельности, связанной с привлечением осужденных к труду являются учреждения ГУФСИН России по Кемеровской области, где основными сельхозпроизводителями являются колонии поселения сельскохозяйственного профиля ФКУ КП — 2 и ФКУ КП-3 и 17 подсобных хозяйств.

Им принадлежит общая площадь земель сельскохозяйственного назначения 21144 га. (Вся земля находится в собственности). Из них пашня составляет 17 440 га. В состав пашни входят — яровой сев зерновых культур — 8206 га, овощи — 76 га, картофель — 360 га, однолетние травы — 1600 га, многолетние травы — 5315 га, пары — 3000 га, необрабатываемые земли — 800 га (в оборот с каждым годом вовлекается все больше земель, так еще в 2015 году площадь необрабатываемых земель составляла 1035 га).

В учреждениях рассматриваемого региона организовано тепличное хозяйство по выращиванию огурцов, кабачков, патиссонов на собственных площадях. Так, общая площадь, занятая под выращиванием свежих огурцов в учреждениях составляет более 2000 метров квадратных, что позволяет обеспечивать территориальный орган овощами собственного производства [4].

В целях увеличения продовольственного обеспечения и для рационального использования сельскохозяйственного сырья в течение последних пяти лет организовано производство

сушеных и маринованных овощей, первых обеденных блюд, масла растительного, муки и круп в ассортименте, а также сосисок и колбасных изделий, полуфабрикатов мясных, мяса птицы и яйца куриного. С 2015 года организовано производство и поставка пастеризованного молока и другой молочной продукции для обеспечения собственной потребности, в 2016 году приобретена современная линия и организовано производство ультрапастеризованного молока длительного хранения, поставка которого осуществляется в близлежащие территориальные органы ФСИН России.

Отметим, что на развитие сельскохозяйственной отрасли только за последние два года направлено более 40,0 млн. рублей (и все за счет перераспределения прибыли, полученной учреждениями рассматриваемого территориального органа от приносящей доход деятельности, связанной с привлечением осужденных к труду). В начале 2017 года приобретено 8 единиц сельскохозяйственной техники на сумму 22,1 млн. рублей, в том числе 2 новых современных зерноуборочных комбайна на сумму 16,0 млн. рублей. Кроме этого, в ноябре 2017 года КП-3 приобретен рефрижератор грузоподъемностью 20 тонн на 8,0 млн. рублей.

Приобретение новой техники позволяет своевременно в агротехнические сроки проводить посевные работы, невзирая на неблагоприятные погодные условия, заготавливать в необходимом объеме корма для сельскохозяйственных животных, производить уборку зерновых культур и овощей в объеме потребностей учреждений ГУФСИН, а также поставлять продукцию в близлежащие территориальные органы УИС.

В результате проводимой работы по развитию сельского хозяйства в ГУФСИН России по Кемеровской области улучшились показатели в отрасли животноводства (в среднем за год): валовых надоев молока на 126,2 т.; реализации мяса в живом весе на 10 т.); поголовья сельскохозяйственных животных: свиней на 1561 голову, крупного рогатого скота на 183 головы; поголовья лошадей на 24 головы; в отрасли растениеводства повышена на 27% урожайность зерновых и овощных культур.

На сегодняшний день аграрные подразделения учреждений исследуемого региона обеспечивают себя продуктами питания на 86%, излишки некоторого ассортимента продукции, произведенной ими, поставляются в другие территориальные органы пенитенциарной системы.



Интересен опыт и ГУ ФСИН России по Пермскому краю, где функционируют 35 учреждений. Во многих из которых подсобные хозяйства специализируются на выращивании КРС и свиней, имеются колонии поселения этого же направления. При этом стоит отметить, не все аграрные подразделения учреждений УИС располагают достаточными земельными угодьями для осуществления кормопроизводства, выращивания зерновых культур и овощей закрытого и открытого грунта. Для решения этой проблемы был заключен договор администрацией учреждений данного региона с местной администрацией Пермского края на предоставлении дополнительных земельных участков на безвозмездной основе и на использование водных ресурсов для полива. Тем самым учреждения увеличили посевную площадь для выращивания сельскохозяйственных культур для собственных нужд и обеспечили занятость специального контингента, кроме того, данная земля не выведена из категории сельхозугодий.

Хотелось бы отметить, что в рассмотренных территориальных органах имеется дальнейшая возможность для повышения экономической эффективности сельскохозяйственной отрасли.

Так, в текущем году в ГУФСИН по Кемеровской области построено животноводческое помещение бескаркасного типа на 200 голов КРС, планируется строительство еще трех подобных сооружений, что поспособствует увеличению объемов поставки молока за пределы области. Для увеличения объемов производства, получения высокого качества, максимального выхода и низкой себестоимости муки и организации ее поставки в другие территориальные органы ФСИН России запланировано усовершенствовать мельничное хозяйство за счет замены оборудования и приведения в соответствие складских помещений.

Рассмотрев эффективные примеры развития сельскохозяйственного производства в подведомственных подсобных хозяйствах, можно выделить ряд факторов, способствующих этому [5]:

➤ **Гарантированный сбыт продукции** по Гособоронзаказу — ФСИН, Росгвардии, Министерству обороны РФ, МВД РФ и др. федеральным структурам. Следует отметить, что сельскохозяйственная продукция, производимая и поставляемая учреждениями ФСИН, должна соответствовать требованиям безопасности, устанавливаемым в технических регламентах;

➤ **Наличие банка сельскохозяйственных земель в стране**, сопоставимого с крупным агрохолдингом. На примере Пермского края можно сказать, что под безвозмездным пользованием понимается передача земельного участка во временное пользование без оплаты, с возвратом в том же состоянии, в каком площадь была на момент ее передачи. Особенности данного соглашения следует считать отсутствие оплаты со стороны получателя земли. Следует отметить, что соблюдение особенностей ипотеки земельных участков, закрепленных законодательством об ипотеке, позволит обеспечить юридическую чистоту сделки, что гарантирует беспре-

пятственное прохождение процедуры государственной регистрации и отсутствие оснований для признания ее недействительной в судебном порядке;

➤ **Наличие рабочей силы.** Трудовая деятельность заключенных в исправительных учреждениях рассматривается как мощное средство их реабилитации, обеспечивающее поддержание трудовых навыков во время отбывания наказания, дающее возможность освоения профессий и открывающее возможности получения заработка в расчете на частичное самообеспечение в местах отбывания наказаний и самообеспечение по выходе на свободу. Поэтому привлечение осужденных к труду способствует повышению качества рабочей силы, её конкурентоспособности, без которых, по сути, невозможен подъём производительности труда в народном хозяйстве страны в современных условиях.

➤ **Наличие достаточных оборотных средств;**

➤ **Заинтересованность в сотрудничестве.** Учреждения уголовно-исполнительной системы должны применить качественный маркетинговый ход, с помощью которого, они смогут заинтересовать потребителей своей реализуемой продукцией, дать необходимую рекламу о реализуемом товаре, предоставлять товар на ярмарках, что привлечет потребителей к совместной деятельности с учреждениями на взаимовыгодных условиях.

Следует отметить и факторы, сдерживающие развитие:

- Финансовой нестабильности агропромышленного производства;
- Моральный и физический износ основных фондов. Большинство аграрных формирований пенитенциарной системы не могут осуществлять инвестиции из собственных средств в развитие сельскохозяйственного производства. Основным источником притока инвестиций в сельское хозяйство остается банковский капитал [6]. Однако воспользоваться им могут немногие, поскольку существуют проблемы доступа к долгосрочным кредитным ресурсам, связанные с отсутствием у учреждений УИС залогового имущества, достаточного для обеспечения возврата кредита и отсутствием программ долгосрочного кредитования;
- Нехватка квалифицированных специалистов в аграрной сфере;
- Условия географического положения;
- Ограниченный круг потребителей;

В перспективе для повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства пенитенциарной системы можно обозначить следующие направления.

**Выводы.** Учреждения УИС, занимающиеся сельскохозяйственной деятельностью, необходимо разделить по территориальному признаку, объединив их в экономические зоны, что значительно упростит применение существующих технологий и откроет возможность применения новых, создаст благоприятные условия произ-

водства на этом экономическом пространстве и обеспечит конкурентные преимущества перед остальными производителями аналогичной продукции.

Учреждения пенитенциарной системы необходимо разграничить по их территориальному признаку, и главным образом сосредоточить сельскохозяйственное производство в районах с благоприятными климатическими условиями.

Практическое осуществление правоприменительной практики с внедрением правовых актов различных уровней позволит учреждениям ФСИН выводить сельскохозяйственную деятельность на выгодные позиции.

Учреждениям ФСИН необходимо больше уделять внимания договорной деятельности, которую следует разграничить на внешнюю и внутрисистемную. Деятельность внутрисистемных договорных отношений учреждений УИС должна строиться на поставках необходимых товаров и иной продукции для учреждений. Что же касается внешних договорных отношений подсобных хозяйств учреждений УИС, то они должны быть ориентированы на расширение рынка сбыта путем рекламирования товаров, работ, услуг в средствах массовой информации и посредством участия в различных выставках, ярмарках.

Привлечение дополнительных инвестиций, расширение ассортимента выпускаемой продукции, создание дополнительных рабочих мест для осужденных и для квалифицированного персонала позволят вывести сельскохозяйственное производство системы ФСИН на экономически эффективный уровень развития.

практическая значимость данного исследования заключается в разработке комплекса мероприятий, направленных на повышение экономической эффективности сельскохозяйственного производства пенитенциарной системы.

## Литературы

1. Макарова О.В. Стратегические аспекты развития сельскохозяйственных предприятий // Экономика и предпринимательство. 2016. № 11 (ч. 3). с. 808-812.
2. Новожилова Ж.С. Состояние и тенденции развития сельхоз организаций Федеральной службы исполнения наказаний (ФСИН) // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (25). С. 119-121.
3. Макарова О.В. Анализ элементов экономического механизма функционирования аграрных формирований пенитенциарной системы // Управление экономическими системами. 2015. № 1 (73). С. 3.
4. Макарова О.В. К вопросу эффективной организации обеспечения минеральными удобрениями при производстве зерновых культур // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 83-87.
5. Новожилова Ж.С. Оценка факторов эффективности сельскохозяйственного производства УИС // Человек: преступление и наказание. 2015. № 2 (89). С. 150-155.
6. Новожилова Ж.С. Совершенствование механизма продовольственного обеспечения в уголовно-исполнительной системе // Международная научно-практическая конференция: Уголовно-исполнительная политика и вопросы исполнения уголовных наказаний. 2016. (Т.2). С. 1236-1239.

Об авторах:

**Макарова Ольга Владимировна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и менеджмента, m\_ov\_2302@bk.ru  
**Гаспарян Светлана Валентиновна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, gasparyan.svetlana@yandex.ru  
**Цацина Марина Николаевна**, курсант экономического факультета, czacina@mail.ru





## ECONOMIC EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION OF THE PENITENTIARY SYSTEM

O.V. Makarova, S.V. Gasparyan, M.N. Cacina

The Academy of law management of the federal penitentiary service of Russia, Ryazan, Russia

The article considers a set of measures that contribute to improving the economic efficiency of agricultural production in the penitentiary system, provides a classification of agricultural entities of the criminal Executive system of the Russian Federation, with special emphasis on the role of state support in the development of agricultural production in correctional institutions. Measures are proposed to improve the economic efficiency of agricultural production in the divisions of the criminal Executive system.

**Keywords:** agricultural production, penitentiary system, economic efficiency, state support, economic entity.

### References

1. Makarova O.V., Strategic aspects of development of agricultural enterprises. *Ekonomika i predprinimatelstvo* = Economics and entrepreneurship. 2016. №. 11 (p. 3). Pp. 808-812.
2. Novozhilova Zh.C. Status and development trends of the agricultural enterprises of Federal service of execution of punishments. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyajstve* = Economics, labor, management in agriculture. 2015. №. 4 (25). Pp. 119-121.

3. Makarova, O.V. Analysis of elements of the economic mechanism of functioning of agrarian formations of the penitentiary system. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami* = Management of economic systems. 2015. №. 1 (73). P p. 3.
4. Makarova, O.V. On the issue of effective organization of providing mineral fertilizers in the production of grain crops. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of the Michurinsky state agrarian University. 2017. №. 4. Pp. 83-87.

5. Novozhilova, Zh.S. Evaluation factors the efficiency of agricultural production UIS. *Chelovek: prestuplenie i nakazanie* = Man: crime and punishment. 2015. №. 2 (89). Pp. 150-155.
6. Novozhilova, Zh.S. Improvement of the mechanism of food supply in the penitentiary system. International scientific-practical conference on Penal execution policy and the execution of criminal penalties. 2016. (Vol. 2). Pp. 1236-1239.

### About the authors:

**Olga V. Makarova**, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of economy and management, m\_ov\_2302@bk.ru

**Svetlana V. Gasparyan**, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of the logistic support of the penal system, gasparyan.svetlana@yandex.ru

**Marina N. Cacina**, student of the faculty of economics, czacina@mail.ru

gasparyan.svetlana@yandex.ru

# МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

РОССИЯ, МОСКВА | 26-28  
КРОКУС ЭКСПО | МАЙ 2020



FROM FEED TO FOOD

Крупнейший международный  
специализированный форум  
в области животноводства,  
свиноводства, птицеводства,  
кормопроизводства и здоровья  
сельскохозяйственных животных



**MAP**  
MEAT AND POULTRY  
RUSSIA

+7 (495) 797 69 14 | info@meatindustry.ru | www.vivrussia.ru | www.meatindustry.ru



# МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЗЕРНОВОГО РЫНКА

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-310-00211*

**Д.А. Зюкин**

ООО «АРССЛАЙН», Курск, Россия

В статье рассматриваются направления улучшения состояния инфраструктуры, являющейся одной из ключевых проблем перехода зернопродуктового подкомплекса АПК России на более эффективный уровень функционирования. В исследовании показано, что текущее состояние производственно-логистической инфраструктуры не соответствует стратегическим целям развития подкомплекса — дальнейшему устойчивому наращиванию урожаев зерновых и увеличению их торговых потоков, удовлетворяющих экспортные запросы и внутренние потребности страны. На данный момент в России значительно изменилась по территориальному размещению и структуре возделываемых зерновых культур конъюнктура производства, что предопределяет соответствующее развитие инфраструктуры хранения и переработки зерна, а также формирует экспортноориентированный подход в логистике. В статье показывается, что, не смотря на наличие мощностей хранения, превышающих даже крупные урожаи последних лет, это в основном устаревшие объекты напольного хранения, которые практически полностью изношены, а их модернизация экономически нецелесообразна, так как несовместима с современными технологиями. Ввод новых мощностей по хранению зерна идет медленными темпами: за 20 лет введено в эксплуатацию мощностей всего на 8 млн т, что составляет от 6 до 7,2% величины урожая зерновых последних трех лет. В статье отмечается, что реализацию крупных проектов по возведению элеваторных мощностей в условиях экспортной ориентации зернового хозяйства важно осуществлять в комплексе с развитием железнодорожной сети, поэтому возрастает роль государства как координатора между аграрным бизнесом и РЖД. В исследовании представлено, что основополагающим элементом в достижении поставленных задач развития инфраструктуры зернопродуктового подкомплекса АПК является совершенствование модели государственного и экономического регулирования.

**Ключевые слова:** зерно, зернопродуктовый подкомплекс АПК, производство зерна, зерновой рынок, продовольственная безопасность, межрегиональный обмен, экспорт зерна, государственное и экономическое регулирование, производственно-логистическая инфраструктура, стратегическое развитие, эффективность.

## Введение

Зернопродуктовый подкомплекс является системообразующим элементом АПК в силу своей стабильной прибыльности, позволяющей аграриям поддерживать свою эффективность, и связующей ролью с развитием остальных направлений аграрного производства, в том числе выступая основой кормовой базы животноводства. В последние годы было достигнуто существенное увеличение объемов валовых сборов зерна, позволившее увеличить емкость внутреннего зернового рынка и величину потока на экспорт. Однако в зернопродуктовом подкомплексе по-прежнему сохраняется целый ряд фундаментальных проблем и противоречий, которые мешают ему выйти на более эффективный уровень функционирования. Причем, последние успехи только обостряли их, как например, положение производственно-логистическая инфраструктуры, которая не соответствует потребностям развития зернопродуктового подкомплекса в аспекте производства зерна, его межрегионального обмена и экспорта.

## Результаты исследования

В российском зерновом производстве на всех этапах движения от поля до конечного покупателя существуют серьезные проблемы, которые являются причиной потерь урожая (рис. 1), без системного решения которых не получится повысить эффективность зернопродуктового подкомплекса, реализовать

его экспортный потенциал и обеспечить осуществление импортозамещения производства мясо-молочной продукции. Исходя из этого ключевой проблемой, определяющей как расширение экспортных возможностей, так и развитие внутреннего зернового рынка страны является несоответствие состояния производственно-логистической инфраструктуры стратегическим задач развития зернопродуктового подкомплекса АПК страны.

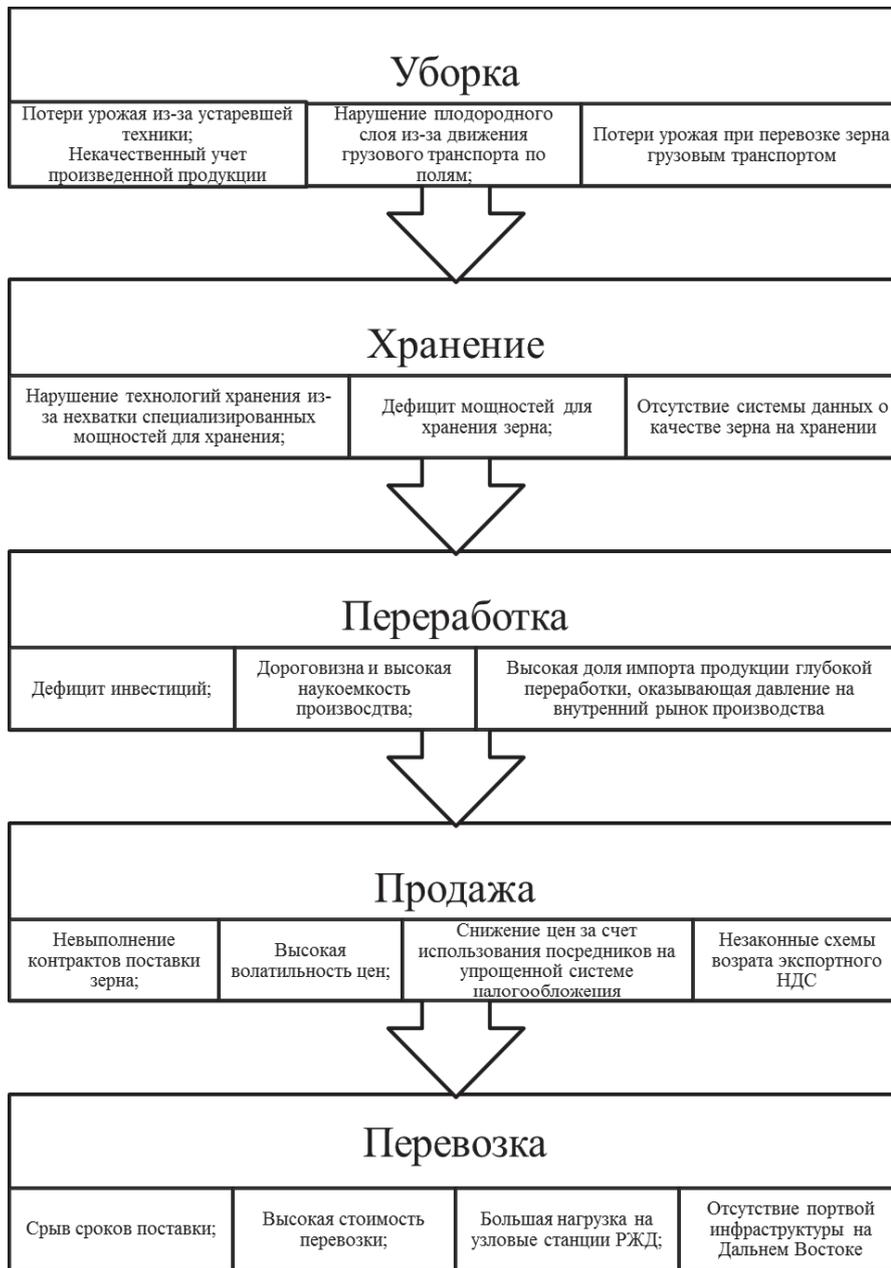
Выявить фактические потери урожая в процессе уборки на поле весьма трудно, однако оценки экспертов и практиков говорят, что в худших случаях они могут составлять до 20% итогового валового сбора зерновых. Виною тому низкий уровень обеспеченности уборочной техникой. Это касается как зерно- и кукурузоуборочных комбайнов, так машин для перевозки, которыми обеспечено лишь малая часть сельскохозяйственных организаций. При этом собственного автопарка даже в крупных и прибыльных организациях не хватает, поэтому приходится использовать частных перевозчиков, а это всегда более низкий уровень координации. К тому же это дополняется нехваткой собственных мощностей хранения, необходимых для обеспечения потребностей отрасли, урожаи которой имеют сезонный характер. При этом потребности в ней увеличиваются в виду значительно возросших урожаев, превосходящих даже результаты советского периода. Однако увеличения современных мощностей хранения зерна адекватного таким изменениям его валовых сборов практически не проис-

ходит. В особенности, проблемная ситуация у заготовительных предприятий, мощности которых остаются без положительной динамики, в отличие от предприятий, занимающихся переработкой, в которых все же есть прогресс, определяемый, в первую очередь, возведением новых высокотехнологичных животноводческих комплексов, обеспечивающих спрос на производство комбикормов.

С 2000 г. было введено в действие новых объектов с мощностью зернохранения более чем на 8 млн. т (рис. 2), что составляет всего от 6 до 7,2% величины урожая зерновых, собираемого в 2016-2018 гг. После высокоурожайного 2008 г. произошло трехкратное увеличение ввода мощностей хранения зерна и семян в 2009 г. В дальнейшем происходило хоть и с небольшой динамикой поступательное увеличение показателя ввода новых мощностей хранения, однако после 2015 г. ситуация поменялась, на что повлияла неблагоприятная финансово-экономическое положение в стране.

Также не стоит забывать, что инфраструктура хранения, которая в советское время была ориентирована на валовые сборы зерновых свыше 100 млн. т, за три десятилетия без введения полноценной модернизации ее состояние не отвечает текущей конъюнктуре рынка. Поэтому получается такая ситуация, что, с одной стороны, величина располагаемых мощностей хранения зерна в стране превышает даже рекордный урожай 2017 года, но, с другой, это объекты преимущественно напольного хранения (амбары или склады), которые к тому





**Рис. 1** Проблемы производственно-логистической инфраструктуры зернопродуктового подкомплекса, препятствующие его развитию



**Рис. 2** Ввод в действие производственных мощностей зерносеменовохранилищ, тыс. т единовременного хранения

же уже в большинстве своем полностью изношены [1]. Прямым результатом использования устаревшей инфраструктуры хранения является потеря урожая, оцениваемые в «Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 г.» на уровне 5–8% [2], а также падение качества зерна, снижающее его конечную цену. К тому же тратятся все большие средства на энергоносители и обслуживание такой устаревшей инфраструктуры, расходы на которые и далее продолжат только увеличиваться. По мнению многих ученых, модернизация старых зернохранилищ, прежде всего напольного хранения, является экономически нецелесообразной, так как она не совместима с современными технологиями [1, 3]. А поэтому дальнейшее использование такой инфраструктуры даже после модернизации не может обеспечить конкурентоспособную стоимость и качество хранения зерна для сельхозпроизводителей.

К тому же имеющаяся инфраструктура хранения и переработки ориентирована еще на советскую организацию работы производственных единиц зернопродуктового подкомплекса АПК, в то время как за прошедшие годы структура производства зерна по регионам достаточно сильно изменилась как по размерам урожая, так и по структуре зерновых культур, которые возделывают аграрии. Все более проявляющаяся экспортная направленность зернового хозяйства (валовые сборы пшеницы, являющейся основной экспортной сельскохозяйственной культурой России, устойчиво увеличиваются) порождает перекосы зернового рынка внутри страны, а стремление нарастить объемы производства экспортных культур приводят к нарушению оптимальной структуры посевных площадей и истощению земель [4].

В общем итоге, существующие проблемы определяют рост транспортно-логистических издержек, дополняемый снижением качества зерна, что не может не влиять на удорожание зерна и снижение конкурентоспособности его экспорта. Отсюда модернизация и увеличение современных мощностей хранения зерна являются одним из направлений долгосрочной стратегии развития зернопродуктового комплекса АПК, однако четкий механизм как этого достигнуть пока представлен не был [2].

Крупные проекты по возведению элеваторных мощностей целесообразно реализовывать с возможностью более эффективной организации движения потоков зерна на экспорт, поэтому осуществлять это следует в комплексе с развитием железнодорожной сети, что требует обеспечения координации государства между аграрным бизнесом и РЖД. Даже крупный бизнес не в состоянии реализовать такой проект, а без соединения с железнодорожной сетью он серьезно теряет в эффективности и увеличивает срок окупаемости [5]. При этом североамериканский опыт свидетельствует, что наибольшее значение для международного рынка имеет именно развитие инфраструктуры хранения и транспортировки зерна, поэтому государство там принимало активное участие в ее развитии [6].

Недостаток соответствующей инфраструктуры нарушает принципы логистики, что даже при достаточном обеспечении подвижным составом приводит двум стандартным ситуациям: отсутствие вагонов к определенному сроку и



несоответствие объемов транспортируемого зерна и имеющихся технологических мощностей [7]. Реализация крупных инфраструктурных проектов позволяет решить важную проблему перевозок зерна как внутри страны, так и на экспорт, так как способствует улучшению процессов координации между всеми участниками зернового рынка. За счет механизма санации это может способствовать улучшению состояния локального зернового рынка в крупных зерносеющих регионах, имеющих экспортный потенциал, но удаленных от портовых мощностей. Наличие таких терминалов хранения, связанных напрямую железнодорожной сетью с портовым мощностями, позволяет эффективнее реализовать инновационные проекты стимулирования агроэкспорта, например, «от поля до порта», направленного на расшивку «узких мест» с учетом ограничений товарно-грузовых узлов [8].

Необходимость участия государства в процессе улучшения транспортно-логистической инфраструктуры зернопродуктового подкомплекса определяется тем, что помимо развития автомобильных дорог и железнодорожной сети требуется еще и увеличение мощности портовой инфраструктуры, а конкретно, глубоководных портовых терминалов. Такие проблемы кроются в использовании еще советской инфраструктуры, которая не предполагала экс-

порта зерна в таком объеме при такой его широкой географии, что требует создания именно глубоководных портовых терминалов. Например, дальнейшее увеличение объемов экспорта и выход на новые рынки, в частности, юго-восточной Азии, предполагает развитие всей инфраструктуры от хранения до портовой на Дальнем Востоке, потому что уже сейчас наблюдается избыточно высокая концентрация поставок через порты Азово-Черноморского бассейна (АЧБ) [4].

На данном этапе в системе возможных способов развития инфраструктуры зернового рынка, позволяющей оптимизировать процессы межрегионального обмена зерном и поддерживать устойчивость экспорта зерна при снижении логистических издержек, Правительство опирается на меры государственного регулирования и поддержки, в то время как экономические инструменты регулирования задействованы слабо. Растущие объемы экспорта зерна и его внутреннего потребления, стимулирующие более активное движение потоков товара в межрегиональном обмене, определяют поиск направлений и инструментов для совершенствования системы регулирования развития производственной и торгово-логистической инфраструктуры зернопродуктового подкомплекса АПК России. Залогом достижения данной стратегической

цели является комплексность применения как мер государственного, так и экономического регулирования, однако в дальнейшем при оптимальном варианте развития приоритет должен отдаваться второй группе мер (рис. 3).

Учитывая важность зерна как продукта для внутреннего агропродовольственного рынка, управлять балансом зерна в стране, стимулируя или наоборот сдерживая экспорт, просто необходимо. Поэтому отказаться на данный момент от мер государственного регулирования Россия пока позволить себе не может, но они должны стать эффективней. Также некоторые направления государственного регулирования и поддержки компенсируют недостатки имеющейся финансовой модели и транспортной системы, в частности, труднодоступность «длинных денег» на реализацию инфраструктурных проектов и высокие тарифы на перевозку зерна для межрегионального обмена и на экспорт.

### Выводы. Рекомендации

Зернопродуктовый подкомплекс один из наиболее важных элементов АПК России, который за последние годы добился серьезного прогресса: экспорт зерна превысил 50 млн т при том что полностью обеспечиваются растущие потребности внутреннего рынка. Тем не менее, выйти на более эффективный уровень функционирования подкомплексу мешает ряд системных проблем, ключевой из которых является несоответствующая перспективам дальнейшего наращивания урожаев и торговых потоков зерна производственная и торгово-логистическая инфраструктура. Во-первых, инфраструктура по хранению зерна и производству комбикормов характеризуется неудовлетворительным состоянием с невысокой долей высокотехнологичных элеваторов, что дополняется несоответствием ее расположения изменившимся реалиям структуры территориального и по видам зерновых культур производства. Во-вторых, активизация экспорта и увеличение потоков межрегионального обмена показали отставание пропускной способности системы дорог и портов, в особенности, глубоководных терминалов. В-третьих, механизм государственного регулирования и поддержки недостаточно эффективен, чтобы обеспечить более справедливое распределение доходов от экспорта в пользу непосредственных производителей зерна. В-четвертых, сохраняется труднодоступность привлечения «длинных денег» для реализации частных проектов модернизации и строительства инфраструктуры хранения, переработки и транспортировки зерна. В-пятых, минимальное применение инструментов экономического регулирования для создания условий привлечения прямых инвестиций через инструменты налоговых преференций, модернизацию транспортной и портовой инфраструктуры в рамках федеральных программ, внедрение облачных технологий в области повышения информатизации и упрощения доступа производителей к зерну к его экспорту.

Ключевыми направлениями в такой ситуации являются: оптимизация размещения и модернизация системы хранения и переработки зерна; совершенствование системы автомобильного и железнодорожного перемещения зерна с учетом базовых принципов маркетинга и логистики; развитие облачных технологий



Рис. 3 Модель государственного и экономического регулирования развития производственной и торгово-логистической инфраструктуры зернопродуктового подкомплекса АПК России





и других инноваций в области информатизации, обеспечивающих повышение доступа и эффективности экспорта для производителей зерна, а отечественным потребителям более низкую цену его приобретения; модернизация и диверсификация портовой инфраструктуры в пользу глубоководных портов, позволяющих расширить географию российского экспорта и увеличить пропускную способность.

Основопологающим элементом в достижении поставленных задач развития инфраструктуры зернопродуктового подкомплекса АПК является совершенствование модели государственного и экономического регулирования. От того насколько она будет сбалансирована и эффективна зависят дальнейшие перспективы наращивания производства зерна, оптимизации процесса межрегионального обмена и поддержка устойчивости экспорта зерна при снижении логистических издержек. В долгосрочной перспективе следует ориентироваться на переход в пользу применения экономических инструментов регулирования рынка,

однако, учитывая принципиальную значимость зернопродуктового подкомплекса в развитии АПК и в обеспечении продовольственной независимости, самоустраниться государство не может ни в коем случае и должно обязательно присутствовать на зерновом рынке, управляя балансом зерна.

#### Литература

1. Попкова Е.В., Кучеренко О.И. Организационно-экономические направления развития производственной инфраструктуры зернопродуктового подкомплекса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (48). С. 201-206.
2. «Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 г.» Утверждена распоряжением Правительства РФ от 10.08.2019 г. № 1796-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/y1lpA0ZfzdMcfATNBKGFf1cXEQ142yAx.pdf> (Дата обращения 12.11.2019 г.).
3. Семькин В.А., Соловьева Т.Н., Сафронов В.В., Шумакова Н.О. К вопросу о современных концепциях

развития зернового хозяйства в региональной экономике // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 5. С. 10-13.

4. Зюкин Д.А. Развитие экспортного потенциала зернового хозяйства России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 1. С. 58-61.

5. Зюкин Д.А. Особенности и значимость зернопродуктового подкомплекса АПК как обоснование необходимости разработки стратегии его развития // Вопросы социально-экономического развития регионов. 2018. № 2 (5). С. 11-19.

6. Fuller S., Yu T.-H., Fellin L., Lalor A., Krajewski R. Effects of improving transportation infrastructure on competitiveness in world grain markets // Journal of international food and agribusiness marketing. 2003. № 13 (4), pp. 61-85.

7. Манзурова Д.С. Технологические возможности перевозки зерна // Вестник современных исследований. 2019. № 2.13 (29). С. 23-28.

8. Agibalov A.V., Tkacheva Y.V., Zaporozhtseva L.A. Improvement of the financial management strategy for agricultural enterprises // Journal of Economic and Management Perspectives. 2018. Т. 11. № 3. Pp. 1686-1696.

Об авторах:

**Зюкин Данил Алексеевич**, кандидат экономических наук, генеральный директор,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8118-2907>, [nightingale46@rambler.ru](mailto:nightingale46@rambler.ru)

## MODEL OF ECONOMIC AND STATE REGULATION OF GRAIN MARKET INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

**D.A. Zyukin**

ООО «ARSSLAIN», Kursk, Russia

The directions of improvement of the state of infrastructure, which is one of the key problems of transition of the grain subcomplex of the agroindustrial complex of Russia to a more effective level of functioning, are considered in the article. The research shows that the current state of the production and logistics infrastructure does not correspond to the strategic purposes of the subcomplex development — further increase of grain yields and increase of their trade flows, satisfying export demands and domestic needs of the country. The conjuncture of grain production in Russia has changed significantly in terms of the territorial location and structure of cultivated crops, which predetermines the appropriate development of storage and processing infrastructure, as well as forms an export-oriented approach in logistics. The article shows that, despite the availability of storage capacity, exceeding even large harvests of recent years, it is mainly outdated outdoor storage facilities, which are almost completely worn out, and their modernization is economically impractical, since it is not compatible with modern technologies. The commissioning of new grain storage facilities is slow: in 20 years, only 8 million tons of capacities have been put into operation, which is from 6 to 7.2% of the grain harvest of the last three years. The article notes that the implementation of large projects on construction of elevator capacities in terms of export orientation of grain farming it is important to realize the complex development of the railway network, so the role of the state as a coordinator between agricultural business and the JSC “Russian Railways”. The fundamental element in achieving the objectives of infrastructure development of grain subcomplex of agriculture is to improve the model of state and economic regulation.

**Keywords:** grain, grain products subcomplex of agro-industrial complex, grain production, grain market, food security, interregional exchange, grain export, state and economic regulation, production and logistics infrastructure, strategic development, efficiency.

#### References:

1. Popkova E.V., Kucherenko O.I. Organizational and economic directions of development of industrial infrastructure of grain subcomplex. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Voronezh state agrarian University. 2016. No. 1 (48). Pp. 201-206.
2. “Long-term strategy of development of the grain complex of the Russian Federation until 2035” was Approved by the order of the government of the Russian Federation of 10.08.2019 No. 1796-r. URL: <http://static.government.ru/media/files/y1lpA0ZfzdMcfATNBKGFf1cXEQ142yAx.pdf> (accessed 12.09.2019).

3. Semykin V.A., Solovyova T.N., Safronov V.V., Shumakova N.O. On the issue of modern concepts of grain economy development in the regional economy. Shumakova Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj selskoxozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk state agricultural Academy. 2015. No. 5. Pp. 10-13.

4. Zyukin D.A. Development of export potential of grain economy of Russia Ekonomika selskoxozyajstvennyx i pererabatyvayushhix predpriyatij = Economics of agricultural and processing enterprises. 2019. No. 1. Pp. 58-61.

5. Zyukin D.A. Features and significance of the grain subcomplex of agriculture as a justification of the need to develop a strategy for its development. Voprosy socialno-ekonomicheskogo razvitiya regionov = Questions of

socio-economic development of regions. 2018. No. 2 (5). Pp. 11-19.

6. Fuller S., Yu T.-H., Fellin L., Lalor A., Krajewski R. Effects of improving transportation infrastructure on competitiveness in world grain markets. Journal of international food and agribusiness marketing. 2003. No. 13 (4). Pp. 61-85.

7. Mansurova D.S. Technological capabilities of the transportation of grain. Vestnik sovremennykh issledovaniy = Journal of modern research. 2019. No. 2.13 (29). Pp. 23-28.

8. Agibalov A.V., Tkacheva Y.V., Zaporozhtseva L.A. Improvement of the financial management strategy for agricultural enterprises. Journal of Economic and Management Perspectives. 2018. Т. 11. № 3. Pp. 1686-1696.

About the authors:

**Danil A. Zyukin**, candidate of economics sciences, general director,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8118-2907>, [nightingale46@rambler.ru](mailto:nightingale46@rambler.ru)

[nightingale46@rambler.ru](mailto:nightingale46@rambler.ru)



## ОПЕРАЦИОННЫЙ ЛЕВЕРИДЖ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ТИПА ВОСПРОИЗВОДСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Д.М. Пармакли

Комратский государственный университет, г. Комрат,  
Республика Молдова

В статье подчеркивается, что как в теоретическом, так и практическом аспектах является востребованной разработка методики оценки экономической независимости товаропроизводителей, способных вести как простое, так и расширенное воспроизводство, которая была бы доступной для практического применения специалистами сельскохозяйственных предприятий и в то же время отражала бы современные подходы оценки эффективности уровня хозяйствования на земле. При проведении данного исследования были использованы общенаучные и специальные методы, а именно: абстрактно-логический, статистико-экономический и графический. Цель статьи — обеспечить специалистов сельскохозяйственных предприятий, преподавателей и студентов университетов современным методическим инструментарием обоснования зон простого и расширенного воспроизводства каждого вида товарной продукции растениеводства. Ключевым показателем, по которому можно говорить о состоянии экономической безопасности предприятия, является эффект операционного рычага (левериджа), который имеет две формы — ценовой и натуральный. Он позволяет достаточно быстро определить, как повлияют изменения объема продаж на прибыль от реализации продукции. Приводятся формулы для их определения, а также взаимосвязь между ними. В работе обоснована методика градации зон воспроизводства на простой и расширенный тип воспроизводства в зависимости от коэффициента ценового операционного левериджа. Данная зависимость наглядно представлена на графиках. На примере конкретного сельскохозяйственного предприятия выполнены расчеты по обоснованию указанных зон.

**Ключевые слова:** воспроизводство, продукция сельского хозяйства, операционный леверидж, рентабельность продаж, урожайность, доход, себестоимость.

### Введение

Жизнеспособность предприятия предусматривает стабильное развитие, благодаря эффективному использованию всех видов ресурсов и предпринимательских возможностей. Предприятие развивается в том случае, когда результаты деятельности позволяют ему за счет собственных средств вести непрерывное воспроизводство. В растениеводстве важным условием обеспечения высокой эффективности производства является получение высоких показателей урожайности производимой продукции, то есть более полное использование потенциала продуктивности земли и биологического потенциала растений. Однако сами показатели выхода продукции с единицы площади непосредственно не характеризуют состояние уровня хозяйствования на земле. Вполне востребованным как в теоретическом, так и практическом аспектах является разработка методики оценки экономической независимости товаропроизводителей, способных вести как простое, так и расширенное воспроизводство, которая была бы доступной для практического применения специалистами сельскохозяйственных предприятий и в то же время отражала бы современные подходы оценки эффективности уровня хозяйствования на земле [1, с. 59].

### Методология проведения исследований

При проведении данного исследования были использованы общенаучные и специальные методы, а именно: абстрактно-логический — для обоснования зон простого и расширенного воспроизводства, статистико-экономический — для анализа сложившихся показателей продуктивности земли в конкретном сельскохозяйственном предприятии; графический — при выявлении взаимосвязи ценового операционного левериджа и коэффициента рентабельности продаж возделываемых культур.

### Анализ последних исследований

Современная аграрная наука ищет новые пути повышения эффективности сельскохозяйственного производства. В этом смысле представляют интерес работы таких ученых, как А. Рассказова и Р. Жданова, которые вводят понятие экономической эффективности устойчивого землепользования [2], С. Сиптиц рассматривает проблемы сочетания эффективности и устойчивости функционирования агропродовольственных систем [3], а И. Романенко и Н. Евдокимова — устойчивость и эффективность размещения производства продукции растениеводства по территории, при которых обеспечивается высокая степень использования биоклиматического потенциала территории [4]. Важным представляются также исследования А. Алтухова [5], в которых автор анализирует современный подход оценки эффективности использования земли в сельском хозяйстве. А профессор М. Вронских исследует влияние изменения климата на риски сельскохозяйственного производства [6, с. 211-215].

Среди молдавских авторов следует отметить работы таких ученых, как А. Стратан [7], В. Дога [8] и Е. Тимофти [9], которые в своих исследованиях разработали и предложили собственные варианты экономического механизма роста эффективности сельского хозяйства на основе рационального использования земли. Важное значение имеют исследования Л. Тодорич и Т. Дудогло, которые направлены на изучение проблем устойчивости производства сельскохозяйственной продукции [10] и оценки уровня стабильности продуктивности земель регионов [11].

### Цель статьи

Цель статьи — обеспечить специалистов сельскохозяйственных предприятий, пре-

подавателей и студентов университетов современным методическим инструментарием обоснования зон простого и расширенного воспроизводства каждого вида товарной продукции растениеводства.

### Изложение основных результатов исследования

Ключевым показателем, по которому можно говорить о состоянии экономической безопасности предприятия, является эффект операционного рычага или операционный леверидж (L). Он количественно характеризуется соотношением между постоянными и переменными затратами в общей их сумме и вариабельностью показателя полученной прибыли. Он выше в тех компаниях, в которых выше соотношение постоянных затрат к переменным, и соответственно ниже в обратном случае. Понимание механизма действия операционного рычага позволяет целенаправленно управлять соотношением постоянных и переменных затрат в целях повышения эффективности текущей деятельности предприятия. Это управление сводится к изменению значения силы операционного рычага при различных тенденциях конъюнктуры товарного рынка. Показатель операционного левериджа позволяет достаточно быстро определить, как повлияют изменения объема продаж на прибыль от реализации продукции:

$$L = \frac{\Delta P}{\Delta N}, \text{ п.п/п.п} \quad (1)$$

где  $\Delta P$  — прирост валовой прибыли;  $\Delta N$  — прирост дохода от продаж.

Операционный леверидж показывает на сколько процентных пункта изменится прибыль предприятия при изменении дохода на один процентный пункт.

Различают два вида операционного рычага: ценовой и натуральный.





Ценовой операционный леверидж определяются по формуле:

$$L_{\text{цен}} = \frac{N}{\Pi} \quad (2)$$

где N — доход от реализации продукции; П — прибыль реализованной продукции.

Так как доход от реализации продукции в расчете на 1 га земли есть произведение урожайности (q) на цену реализации (p), а затраты — урожайности (q) на себестоимость продукции (z), то:

$$L_{\text{цен}} = \frac{p \cdot q}{p \cdot q - z \cdot q} = \frac{p}{p - z} \quad (3)$$

Натуральный операционный леверидж есть обратный показатель запаса финансовой прочности (D):

$$L_{\text{нат}} = \frac{1}{D} \quad (4)$$

Как известно, запас финансовой прочности определяют по формуле:

$$D = \frac{q - q_{\text{min}}}{q} \quad (5)$$

Минимальный (критический) уровень урожайности или порог рентабельности:

$$q_{\text{min}} = \frac{FC}{p - AVC} \quad (6)$$

где FC — постоянные затраты, лей/га; AVC — удельные переменные затраты, лей/ц.

Тогда формула 5 примет вид:

$$D = \frac{q - \frac{FC}{p - AVC}}{q} = \frac{p \cdot q - q \cdot AVC - FC}{q(p - AVC)} = \frac{p \cdot q - z \cdot q}{q(p - AVC)} = \frac{p - z}{p - AVC} \quad (7)$$

Следовательно, натуральный операционный леверидж:

$$L_{\text{нат}} = \frac{1}{D} = \frac{p - AVC}{p - z} \quad (8)$$

Если сравнить уравнения 3 и 8, то можно выявить во сколько раз ценовой леверидж больше натурального:

$$\frac{L_{\text{цен}}}{L_{\text{нат}}} = \frac{p}{p - AVC} \quad (9)$$

Ценовой операционный рычаг отражает ценовой риск, то есть влияние изменения цены на размер прибыли от продаж. *Натуральный операционный рычаг* показывает производственный риск, то есть изменчивость прибыли от продаж в зависимости от объемов выпуска. При увеличении дохода от реализации и превышении его фактического значения по сравнению с критическим уровнем сила воздействия операционного рычага убывает. Каждый процент прироста реализации дает все меньший процент прироста прибыли. При этом доля постоянных затрат в их общей сумме снижается. С помощью ценового операционного левериджа можно получить ответ на вопрос о возможном пределе снижения цен, с помощью натурального рычага — выявить границы уменьшения объемов реализации продукции в натуральном выражении.

Важно также обратить внимание на формулу 2 ( $L_{\text{цен}} = \frac{N}{\Pi}$ ), которая показывает, что ценовой леверидж есть отношение объема реализованной продукции в стоимостном выражении к сумме полученной прибыли. Нам известно также, что отношение прибыли к объему реализованной продукции есть рентабельность продаж. Таким образом, ценовой леверидж есть обратный показатель рентабельности продаж: высокая

рентабельность подтверждает низкое значение ценового левериджа, что подчеркивает стабильность бизнеса.

$$L_{\text{цен}} = \frac{1}{P} \quad (10)$$

Таким образом, оценка степени риска может проводиться как с использованием значения операционного ценового левериджа, так и показателей рентабельности продаж. Чем ниже показатель операционного левериджа и, соответственно, выше рентабельность реализуемой продукции, тем выше экономическая устойчивость возделывания зерна, подсолнечника, винограда и других культур.

Тогда натуральный леверидж:

$$L_{\text{нат}} = L_{\text{цен}} \frac{p - AVC}{p} = L_{\text{цен}} \left(1 - \frac{AVC}{p}\right) = L_{\text{цен}} (1 - k) = \frac{1 - K}{P} \quad (11)$$

где k — коэффициент окупаемости удельных переменных затрат ( $k = \frac{AVC}{p}$ ).

$$L_{\text{нат}} = L_{\text{цен}} (1 - k) \quad (12)$$

Проведенные исследования показали, что в условиях южной зоны Республики Молдова, чтобы обеспечить расширенное воспроизводство предприятий необходимо стабильно обеспечивать среднюю рентабельность реализованной продукции на уровне не ниже 32% (или рентабельность продаж — 24,2%), то есть ценовой леверидж не должен превышать 4,13 [12, с. 150].

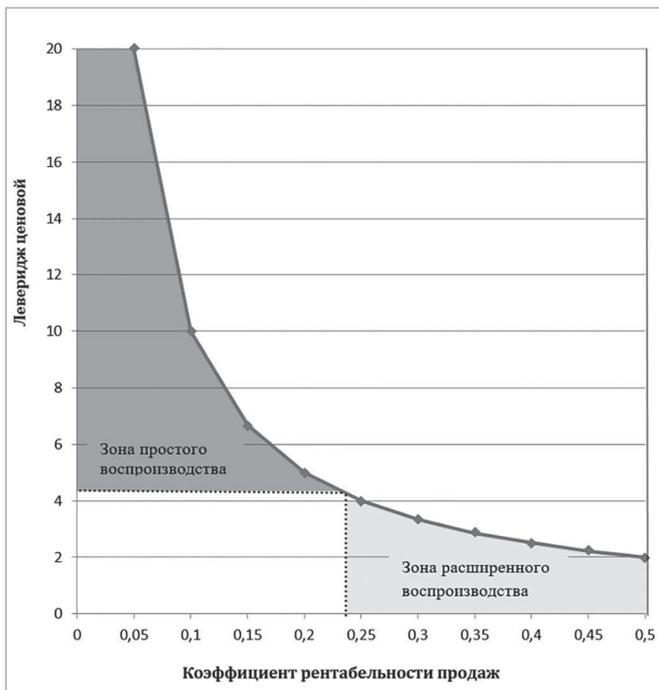
Взаимосвязь показателей эффективности реализованной продукции и ценового левериджа можно наглядно представить на графике (рис. 1). На рисунке 1 видны зоны простого воспроизводства (ограничены коэффициентом ценового левериджа выше 4,13 и коэффициентом

Таблица 1

Исходные показатели производства и реализации продукции основных культур в «Ситпис Агро» за 2016-2018 гг.

Показатели	Всего	В том числе				
		пшеница	ячмень	горох	кукуруза	подсолнечник
<b>2016 г.</b>						
Доход, тыс. лей	18903	2976	2508	1806	1316	10192
Себестоимость, тыс. лей	11391	2555	2348	626	1661	3976
Реализовано, ц		12532	11634	3840	6994	13893
<b>2017 г.</b>						
Доход, тыс. лей	25622	6620	2532	830	3914	10924
Себестоимость, тыс. лей	18057	5437	2330	634	3114	5937
Реализовано, ц		27653	10058	2278	18444	18172
<b>2018 г.</b>						
Доход, тыс. лей	17539	4526	1819	725	2492	6293
Себестоимость, тыс. лей	13506	3251	1330	788	2409	3802
Реализовано, ц		15678	7392	2540	13000	9416
<b>Всего 2016-2018 гг.</b>						
Доход, тыс. лей	62064	14122	6859	3361	7722	27409
Себестоимость, тыс. лей	42954	11243	6008	2048	7184	13715
Реализовано, ц		55863	29084	8658	38438	41481

Источник: Формы 7 и 9 АПК за 2016-2018 гг.



Источник: Пример условный.

Рис. 1. Взаимосвязь рентабельности продаж и ценового операционного левериджа



рентабельности продаж ниже 0,242) и расширенного воспроизводства (коэффициент ценового левериджа ниже 4,13, а коэффициент рентабельности продаж выше 0,242).

Справедливость вышеизложенного рассмотрим на примере ООО «Ситниц Agro» Чадыр-Лунгского района за 2016-2018 гг. Сложившиеся показатели производства и реализации продукции основных культур представлены в таблице 1.

Применяя формулы 3 и 8, определим показатели операционного ценового и натурального левериджа при производстве пшеницы, ячменя, гороха, кукурузы и подсолнечника в выбранном предприятии за указанные годы. Результаты расчетов сведем в таблицу 2.

Как видно из данных таблицы 2, в среднем за 2016-2018 гг. самый низкий операционный риск имело предприятие при производстве гороха и подсолнечника, так как значение ценового левериджа ниже контрольного показателя 4,13, необходимого для ведения расширенного воспроизводства.

Покажем на примере реализации продукции основных культур в «Ситниц Agro» в среднем за 2016-2018 гг. показатели взаимосвязи ценового операционного левериджа и коэффициента рентабельности продаж (рис. 2). Из рисун-

ка 2 видно, что показатели ценового левериджа при возделывании гороха и подсолнечника в среднем за 2016-2018 гг. расположены в зоне расширенного воспроизводства, производство и реализация зерна пшеницы, ячменя и кукурузы способствовали ведению лишь простого воспроизводства.

Возникает вопрос: следует ли возделывать продукцию в отрасли, если показатели реализации не обеспечивают высокую экономическую эффективность, достаточную для обновления и совершенствования производства, для перевода технологии возделывания на более высокий современный уровень? Разумеется, желательно производить продукцию, обеспечивающую самую высокую эффективность. Однако отрасль сельского хозяйства призвана производить не только продукцию для поставки промышленным предприятиям с целью производства тканей, лекарств, косметических и других видов товаров, но и, что очень важно, обеспечивать продовольственную безопасность страны. Разве можно отказаться от производства пшеницы, ячменя, некоторых видов фруктов и ягод ввиду их низкой эффективности? Вполне очевидно, что возделывание одних культур характеризуются высокой степенью рентабельности, а других — более низкими значениями.

Другим важным фактором, подтверждающим необходимость производства нескольких видов продукции, являются требования чередования возделываемых культур в рамках севооборота. Например, в условиях Республики Молдова нельзя бесценно возделывать колосовые культуры, подсолнечник и рапс. Последние как наиболее рентабельные требуют в качестве предшественника использовать посеvy пшеницы, ячменя и/или кукурузы.

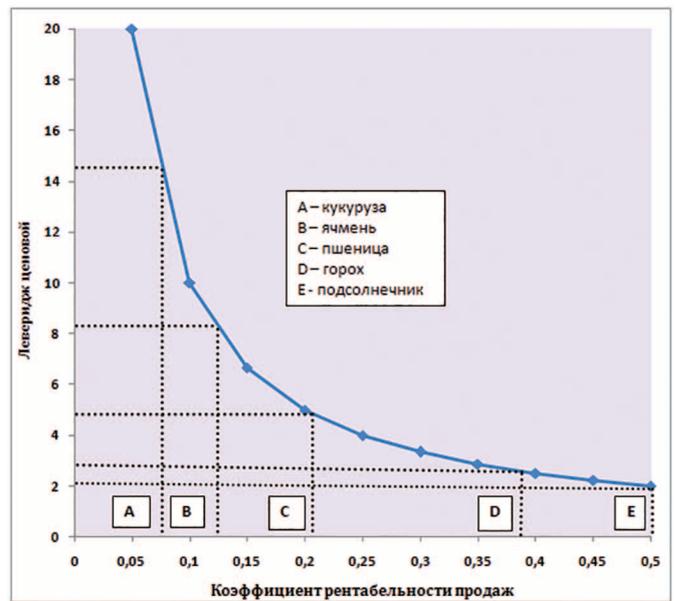
Таким образом, с одной стороны, возможность возделывания таких важнейших продовольственных культур, как пшеница, ячмень, рожь, овес и других объясняется их уровнями рентабельности, близкими к оптимальным значениям и, с другой стороны, они являются, как правило, незаменимым предшественником для возделывания других более рентабельных культур. Определяющим показателем совокупной оценки эффективности всех возделываемых культур является показатель операционного левериджа. Как отмечалось выше, если ценовой операционный рычаг (леверидж) ниже значения 4,13, то предприятие может вести расширенное воспроизводство, добиваясь совершенствования технологии возделывания, например, в условиях неустойчивого земледелия южной зоны станы внедрять Mini-Till технологию.

Таблица 2

Расчетные показатели производства и реализации продукции основных культур в «Ситниц Agro» в среднем за 2016-2018 гг.

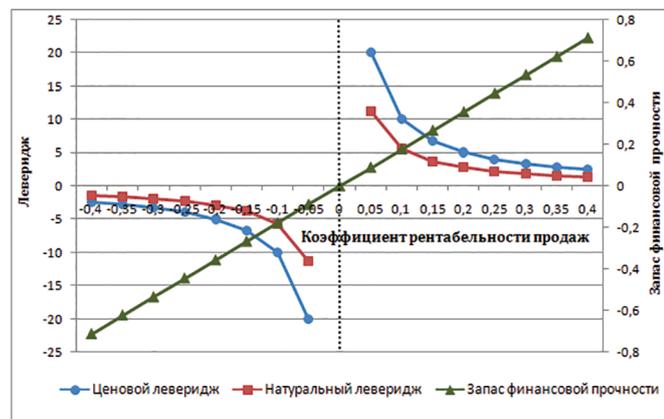
Показатели	Пшеница	Ячмень	Горох	Кукуруза	Подсолнечник
Цена реализации (р), лей/ц	252,8	235,8	388,2	200,9	660,8
Постоянные затраты (FC), лей/га	1145	1080	849	1146	907
Удельные переменные затраты (AVC), лей/ц	174,7	179,5	208,1	163,2	289,9
Урожайность (q), ц/га	43,1	39,9	29,9	48,3	22,3
Себестоимость (z), лей/ц	201,3	206,6	236,5	186,9	330,6
Леверидж ценовой (L <sub>цен</sub> )	4,91	8,08	2,57	14,35	2,00
Леверидж натуральный (L <sub>нат</sub> )	1,52	1,93	1,19	2,69	1,12
Соотношение ценового и натурального левериджа	3,24	4,19	2,16	5,33	1,78

Источник: Выполнено по данным таблицы 1.



Источник: Выполнено по данным таблицы 2.

Рис. 2. Показатели ценового левериджа при производстве и реализации продукции основных культур в «Ситниц Agro» в среднем за 2016-2018 гг.



Источник: Выполнено по формулам 7, 8 и 12.

Рис. 3. Зависимость запаса финансовой прочности, ценового и натурального операционного левериджа от коэффициента рентабельности продаж при возделывании подсолнечника в «Ситниц Agro» в среднем за 2016-2018 гг.

Таблица 3

Показатели ценового операционного левериджа основных культур в «Ситниц Agro» за 2016-2018 гг.

Наименование культур	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем
Пшеница	7,07	5,60	3,55	4,91
Ячмень	16,7	12,54	3,72	8,06
Горох	1,53	4,23	-11,51	2,56
Кукуруза	3,81	4,89	30,02	14,35
Подсолнечник	1,64	2,19	2,53	2,0
Всего	2,52	3,39	4,35	3,25

Источник: Рассчитано по данным таблицы 1.





Какое же реальное экономическое состояние сложилось в исследуемом предприятии за последние 3 года? Расчетные значения операционного ценового левериджа за указанный период сведены в таблицу 3, из данных которой видно, что в 2018 г. эффективность возделывания пшеницы и ячменя характеризуется высокими значениями: показатель ценового левериджа был ниже нормативного значения на 14,0 и 9,9% соответственно. В 2016 г. эффективность возделывания кукурузы характеризуется также высокими показателями, позволяющими вести расширенное воспроизводство, так как ценовой леверидж был ниже нормативного на 7,7%. Как видим, все возделываемые культуры в отдельные годы демонстрировали высокую эффективность, достаточную для ведения расширенного воспроизводства.

Важно, что предприятие в среднем за 2016-2018 гг. в состоянии вести расширенное воспроизводство, так как ценовой операционный рычаг составил 3,25, что ниже нормативного значения на 1/5.

Заметим, что между ценовым и натуральным левериджем существует определенная зависимость, которая описывается формулами 9 и 11. Чем выше эффективность продукции, тем ближе по своему значению располагаются значения ценового и натурального левериджа. Так, если самый низкий показатель ценового рычага на-

блюдается при возделывании подсолнечника — 2,00, то он превышает значение натурального в 1,78 раза. Самый высокий показатель ценового левериджа был характерен для товарной кукурузы — 14,35. Он оказался выше натурального в 5,33 раза. Зависимость запаса финансовой прочности, ценового и натурального операционного левериджа от коэффициента рентабельности продаж при возделывании подсолнечника в «Сimplic Agro» в среднем за 2016-2018 гг. представлена на рисунке 3.

В заключение отметим, что специалисты сельскохозяйственных предприятий, а также преподаватели и студенты высших учебных заведений могут проводить экономическое обоснование зон воспроизводства на простой или расширенный тип развития, применяя вышеизложенную методику, основанную на использовании такого показателя маржинального анализа, как ценовой операционный леверидж (рычаг).

#### Литература

1. Пармакли Д.М., Дудогло Т.Д., Кураксина С.С., Тодорич Л.П., Яниогло А.И. Продуктивность земли в сельском хозяйстве (экономическая теория и хозяйственная практика): монография. Комрат: НИЦ Прогресс, 2017. 242 с.
2. Рассказова А., Жданова Р. Основные понятия экономической эффективности управления устойчивым землепользованием // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 1. С. 23-25.

3. Сипитц С. Методы проектирования эффективных и устойчивых вариантов размещения сельскохозяйственного производства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 6. С. 56-59.

4. Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Ценологический подход при анализе устойчивости размещения сельского хозяйства по регионам России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 6. С. 60-63.

5. Алтухов А.И. Совершенствование организационно-экономического механизма устойчивого развития агропромышленного производства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2016. № 7. С. 2-11.

6. Вронских М.Д. Изменение климата и риски сельскохозяйственного производства Молдовы. Комрат: «Grafema Libris» SRL, 2011. 560 с.

7. Stratan Alexandru. Moldovan agri-food sector dilemma: east or west? In: Economics of agriculture. Belgrade. 2014. Year 61. No. 3 (553-828). Pp. 615-632.

8. Doga V., Bajura T. et. al. Strategy for development of agri-food sector in years 2006-2015. Economics and rural development IMDRP. No. 2, 4. P. 74.

9. Timofti E., Popa D. Eficiența mecanismului economic în sectorul agrar. Monografie. Chișinău: Complexul Editorial al IEFIS, 2009. 343 p.

10. Тодорич Л. Основы финансового менеджмента: учебное пособие. Комрат: Комратский государственный университет, 2017. 200 с.

11. Дудогло Т.Д. Управление земельным потенциалом региона: вопросы теории, методики, практики: монография. Комрат: Б.И., 2017 (Типogr. «Centrografic»). 167 с.

12. Пармакли Д., Тодорич Л. Проблемы экономической устойчивости сельскохозяйственных предприятий Республики Молдова: монография. Комрат: Б.И., 2013 (Типogr. «Centrografic»). 207 с.

Об авторе:

**Пармакли Дмитрий Михайлович**, доктор хабилитат экономических наук, профессор кафедры экономики, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2002-6104>, [parmad741@mail.ru](mailto:parmad741@mail.ru)

## OPERATING LEVERAGE AS A METRIC OF REPRODUCTION TYPE IN AGRICULTURE

**D.M. Parmacli**

Comrat state university, Comrat, Republic of Moldova

It is emphasized that the development of an evaluation method of economic independence of manufacturers able to conduct both basic and expanded reproduction and which would be accessible for practical implementation by the specialists of agricultural enterprises and would be reflecting modern approaches to evaluating the levels of land management efficiency is in a high demand from both a theoretical and practical perspective. The current research uses both common and specialized scientific methods, such as abstract-logical, statistical-economic and graphical methods. The goal of the article is to provide the specialists of agricultural enterprises, instructors and students with a modern set of tools for explaining the zones of basic and expanded reproduction of each type of plant crops. A key metric which allows to estimate economic safety of an enterprise is the operating leverage which is classified into the following two types: a price-based and a natural operating leverage respectively. It allows to determine relatively quickly an impact of revenue growth on the total net sales profit of an enterprise. Formulas for their calculation and the inter-relation between the two types of operating leverage are suggested. The work elaborates on a method of gradation of reproduction zones into a basic and an expanded type of reproduction depending on the coefficient of a price-based operating leverage. The given inter-relation is vividly presented on graphs. Based on an example of a specific agricultural enterprise the calculations for determining the above-mentioned zones are performed.

**Keywords:** reproduction, agricultural production, operating leverage, sales profitability, crop yield, revenue, cost of production.

#### References

1. Parmacli D.M., Dudoglo T.D., Kuraksina S.S., Todorich L.P., Yanioglo A.I. Land productivity in agriculture (economic theory and economic practice): monograph. Comrat: SRC Progress, 2017. 242 p.
2. Rasskazova A., Zhdanova R. Basic concepts of economic efficiency of the management of sustainable land use. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2017. No. 1. Pp. 23-25.
3. Siptits S. Methods of designing effective and sustainable options for locating agricultural production. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2017. No. 6. Pp. 56-59.
4. Romanenko I.A., Evdokimova N.E. The cenological approach in the analysis of the stability of location of agricul-

ture in the regions of Russia. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2017. No. 6. Pp. 60-63.

5. Altukhov A.I. Perfection of organisational and economic mechanism of stable development of agro-industrial production. *Ekonomika sel'skokhozyajstvennykh i pererabatyvayuschikh predpriyatij* = Economy of agricultural and processing enterprises. 2016. No. 7. Pp. 2-11.

6. Vronskikh M.D. Climate change and risks of agricultural production in Moldova, Comrat: "Grafema Libris" SRL, 2011. 560 p.

7. Stratan Alexandru. Moldovan agri-food sector dilemma: east or west? In: Economics of agriculture. Belgrade. 2014. Year 61. No. 3 (553-828). Pp. 615-632.

8. Doga V., Bajura T. et. al. Strategy for development of agri-food sector in years 2006-2015. Economics and rural development IMDRP. No. 2, 4. P. 74.

9. Timofti E., Popa D. Eficiența mecanismului economic în sectorul agrar. Monografie. Chișinău: Complexul Editorial al IEFIS, 2009. 343 p.

10. Todorich L. Fundamentals of financial management: textbook. Comrat: Comrat state university, 2017. 200 p.

11. Dudoglo T.D. Management of the regional land potential: issues of theory, methodology, practice: monograph. Comrat: B.I., 2017 (Typogr. "Centrografic"). 167 p.

12. Parmacli D.M., Todorich L.P. Challenges of economic stability at agricultural enterprises of the Republic of Moldova: monograph. Comrat: B.I., 2013 (Typogr. "Centrografic"). 207 p.

About the author:

**Dmitrii M. Parmacli**, doctor of economic sciences, professor of the department of economics, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2002-6104>, [parmad741@mail.ru](mailto:parmad741@mail.ru)

[parmad741@mail.ru](mailto:parmad741@mail.ru)

## КРАТКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Вершинин, Л.А. Галаганова

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва, Россия

В статье отмечена полярно-двойственная особенность тяжелых металлов, выступающих, с одной стороны — как жизненно необходимые для живых организмов микроэлементы, с другой стороны — как загрязнители, оказывающие пагубное влияние на почву, животных и растения. Акцентируется внимание на необходимости мониторинга микроэлементов в почвенном покрове пахотных земель. Приведён краткий анализ динамики содержания микроэлементов и тяжелых металлов в почвах Липецкой области.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, микроэлементы, мониторинг земель, загрязнители, химические элементы, предельно допустимые концентрации, почвы, подвижные и валовые формы.

### Актуальность

Тяжёлые металлы (ТМ) и микроэлементы представляют собой практически одни и те же химические элементы. Однако, их концентрации в природных и антропогенных средах оказывают столь важные и абсолютно противоположные действия, что вызывают постоянную необходимость пристального внимания со стороны учёных и практиков в области сельскохозяйственного производства, экологии природопользования и иных аграрных отраслей науки и производства.

В связи с отмеченным, целью данной работы было — обратить пристальное внимание на необходимость проведения и использования мониторинга динамики изменения содержания тяжелых металлов (микроэлементов) в почвенном покрове с целью предотвращения негативных последствий, связанных не только с избытком, но и с дефицитом их содержания в пахотном слое почвы.

### Методика исследования

Для достижения цели были поставлены и решены следующие методические задачи:

- используя монографический метод исследования выявить особенности тяжелых металлов как микроэлементов и загрязнителей;
- отметить влияние дефицита и избытка тяжелых металлов (микроэлементов) в почвенной и растительной средах;
- на основе экспериментального метода исследования раскрыть практические результаты мониторинга содержания микроэлементов в почвенной покрове, на примере одной областей Российской Федерации.

### Объект и предмет исследования

Объектом исследования был почвенный покров Липецкой области, предметом — содержание МТ (микроэлементов) в почве объекта исследований, а также воздействие ТМ (микроэлементов) на почву и растения; способы измерения и контроля этих воздействий.

### Результаты исследований

Тяжелые металлы (ТМ) — это группа химических элементов со свойствами металлов, выделяемая как минимум по двум критериям: плотности (от 8 г/см<sup>3</sup> и выше) и атомному весу (от 40 или 50 а.е.м (г/моль) и выше).

Более важным критерием их выделения, как мы полагаем, являются негативные последствия, вызываемые солями этих металлов попадающих в растворенном виде в растительные и животные организмы, подавляя их развитие и приводящие их к гибели. Поэтому к группе тяжелых металлов не относятся благородные металлы, имеющие те же показатели (критерии) по плотности и атомному весу, но лишённые негативного воздействия на живые организмы.

Тяжелые металлы проявляют своё негативное воздействие только в том случае, если их содержание в почве, растительной и животной среде превышает предельно допустимые концентрации (ПДК). В таком случае они рассматриваются уже как загрязнители.

Тяжелые металлы в отличие от обычных загрязнителей характеризуются рядом «коварных» негативных особенностей:

- способны накапливаться в растительности и животных организмах (в том числе в организме человека) до высокотоксичных уровней, вызывая снижение их жизненных функций, а также приводя к гибели;
- активно включаются в кругооборот, что приводит к быстрому (активному) загрязнению важнейших жизнеобеспечивающих природных сред (питьевой воды, воздуха и пищевых продуктов), т.е. обладают высокой технофильностью — показателем интенсивности участия в загрязнении среды обитания человека [18].
- в отличие от органических загрязняющих веществ тяжелые металлы не подвержены деструкции; в ходе миграции они лишь меняют свой уровень содержания или формы нахождения; накапливаясь в почвах, крайне медленно удаляются при выщелачивании,

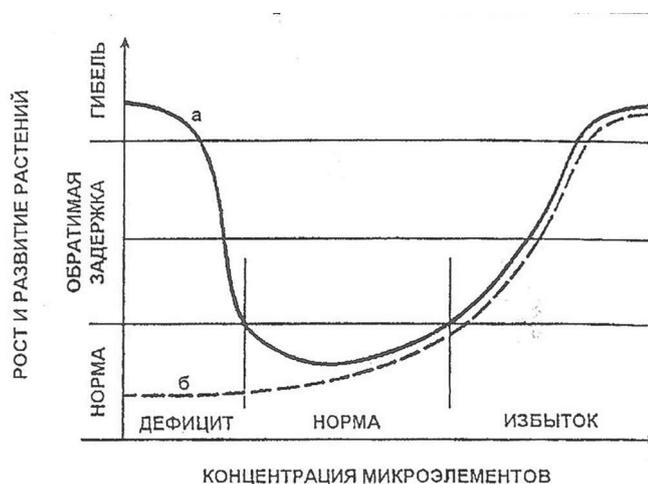


Рис.1. Отклик растений на стрессы, вызванный дефицитом или токсичностью микроэлементов:  
а — жизненно необходимые микроэлементы,  
б — микроэлементы, не имеющие жизненно важного значения



потреблении растениями, эрозии и дефляции; первый период полу удаления для почв в условиях лизиметра сильно варьирует: для цинка — от 70 до 510 лет, кадмия — от 13 до 1100 лет, меди — от 310 до 1500 лет, для свинца — от 740 до 5900 лет [17].

Микроэлементы (МЭ) — это (также как и в случае с ТМ) группа химических элементов основными свойствами (или критериями) по которым их выделяют, являются их облигатность (обязательность, неприменимость) для растительных и животных организмов (по А.П. Виноградову), и содержание в живых организмах в ничтожно малых величинах ( $10^{-2}$  —  $10^{-5}$ % или менее).

Несмотря на их ничтожное содержание они необходимы для нормального протекания метаболических процессов в растениях, содержатся в клеточном веществе всех живых организмов. Их недостаток приводит к резкому ухудшению процессов обмена веществ, гибели растений и животных организмов.

К группе микроэлементов, прежде всего, относят тяжелые металлы, а также ряд других химических элементов (металлов и неметаллов).

С учётом своей значимости для живых организмов среди микроэлементов принято выделять группу — «жизненно необходимые микроэлементы», удельный вес которых в клетках максимальный. К ним относятся следующие тяжелые металлы: кобальт (Co), медь (Cu) молибден (Mo), цинк (Zn), марганец (Mn), и железо (Fe), при этом три последних являются незаменимыми в клетках людей и всех других живых организмов. Выделяют также частично восполнимые и микроэлементы, жизненно важное значение которых ещё не установлена (малоизученные) [15].

Анализ отклика растений на стрессы, вызванные дефицитом тяжелых металлов, выступающих в роли микроэлементов и токсичностью тяжелых металлов, выступающих в роли загрязнителей по данным [17] показан на рисунке 1.

Данные, приведенные на рисунке 1, позволяют сделать следующие выводы:

1. В условиях дефицита микроэлементов (тяжелых металлов) в почве практическое значение имеет учёт только жизненно важных микроэлементов, таких как: кобальт, медь, молибден, цинк, марганец и железо.
2. При избыточной концентрации тяжелых металлов (микроэлементов) учёту подлежат как жизненно важные, так и микроэлементы, не подтвердившие свою жизненную важность для растений.
3. Растения наиболее отзывчивы к дефициту, чем к избытку жизненно важных микроэлементов. [16]

Показанная нами полярно-двойственная особенность (функция) тяжелых металлов убедительно подтверждает широко известное высказывание великого Филиппа Аурелиуса Теофраста Бомбаста фон Гогенгейма (Парацельса), сказавшего, что: «Все вещи (вещества) есть яд, и нет ничего не ядовитого; но именно доза делает любую вещь не ядовитой». Это, в свою очередь, определяет, как было отмечено ранее, необходимость пристального внимания на содержание тяжелых металлов в почве.

Обратимся к рассмотрению данных о наличии микроэлементов (тяжелых металлов) в почвах Липецкой области. Содержание микроэлементов в пахотных почвах Липецкой области даны по результатам четырёх туров агрохими-

ческого обследования территории (табл. 1), где степень их обеспеченности микроэлементами представлена на основе группировки, проведенной по методу Пейве-Ренькиса (табл. 2).

Приведённые в таблице 1 данные свидетельствуют, что на протяжении 30 последних лет содержание рассматриваемых микроэлементов в

пахотных почвах области не остаётся стабильным, за исключением содержания бора, которое остаётся достаточно высоким за анализируемое время. Показан рост содержания цинка, снижение марганца и резкие колебания содержания меди, вызванные внесением медь-содержащих удобрений.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в пахотных почвах Липецкой области [4, 8, 9]

Микроэлементы	Период [тур обследования] (годы)	Площадь, тыс. га	Степень обеспеченности					
			Низкая		Средняя		Высокая	
			тыс. га	%	тыс.га	%	тыс.га	%
Бор	V (1987-1989)	976,8	8,9	1	37,6	4	930,4	95
	IX (2003-2007)	1504,2	3,9	0,3	44,8	3	1455,5	96,7
	X (2008-2012)	1325,9	7,6	0,6	45,3	3,4	1273	96
	XI (2014-2017)	778,2	1,1	0,1	5,3	0,7	771,8	99,2
Медь	V (1987-1989)	1269,9	1157,7	91,3	110	8,7	0,2	0,02
	IX (2003-2007)	620,5	-	-	15,3	2,5	605,2	97,5
	X (2008-2012)	1325,9	1285,4	97	40,1	3	0,4	0,03
	XI (2014-2017)	782,4	778,6	99,5	-	-	3,8	0,5
Цинк	V (1987-1989)	976,8	963	98,6	12,2	1,2	1,6	0,2
	IX (2003-2007)	1504,2	1430,1	95	74,1	5	-	-
	X (2008-2012)	1275,9	1272,7	99,7	2	0,2	1,2	0,1
	XI (2014-2017)	782,4	419,0	53,6	354,7	45,3	8,6	1,1
Кобальт	V (1987-1989)	976,9	313,9	32	613,7	63	49,2	5
	IX (2003-2007)	1504,2	344,9	23	1133,6	75	25,7	2
	X (2008-2012)	1325,9	177,5	13,4	1081	81,5	67,4	5
Марганец	V (1987-1989)	976,8	61,9	6	723,3	74	191,6	20
	IX (2003-2007)	1504,2	285,9	19	1031,9	69	186,4	12
	X (2008-2012)	1324,1	465	35,1	779,5	58,9	79,6	6

Таблица 2

Группировка почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, определяемых по методу Пейве-Ринькиса (Форенский и др. 1994)[14]

Элемент	Экстрагирующий раствор	Градации почв по содержанию микроэлементов мг/кг		
		низкое	среднее	высокое
Марганец	0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<30	31-70	>70
Цинк	1 н KCl	<0,7	0,8-1,5	>1,5
Медь	1 н KCl	<1,5	1,6-3,3	>3,3
Кобальт	1 н HNO <sub>3</sub>	<1,0	1,1-2,2	>2,2
Бор	H <sub>2</sub> O	<0,33	0,34-0,7	>0,7
Молибден	Оксалатно — буферный раствор с pH 3,3	<0,1	0,11-0,22	>0,22

Таблица 3

Площади пашни, имеющие превышение ПДК по тяжёлым металлам, га [2, 3, 4]

Район	Мышьяк, валовая форма		Свинец, подвижн. форма		Кадмий, подвижн. форма		Ртуть, валовая форма	
	2004	2017	2004	2017	2004	2017	2004	2017
Период	2004	2017	2004	2017	2004	2017	2004	2017
Воловский	-	-	-	-	-	28	-	-
Грязинский	-	-	-	-	241	-	-	-
Добринский	131	158	63	-	44	-	47	-
Добровский	-	-	-	-	88	-	-	-
Лебедянский	190	-	12	-	226	-	-	-
Липецкий	-	-	-	-	72	-	-	-
Лев-Толстовский	-	-	-	-	42	-	-	-
Тербунский	-	137	-	-	-	-	-	-
Усманский	-	304	92	-	937	-	-	-
Хлевенский	40	82	46	-	359	-	-	-
Чаплыгинский	-	219	-	-	103	-	-	-
Итого:	361	901	213	-	2112	28	47	-



Представленные результаты можно оценить как удовлетворительные, однако следует рекомендовать принять меры к предотвращению снижения в почве марганца и меди, что может сказаться на урожайности сельскохозяйственных культур.

Для оценки загрязнения пахотных земель Липецкой области тяжелыми металлами нами были собраны и проанализированы данные о динамике изменения площадей пашни, на которых ранее было выявлено превышение ПДК по таким тяжелым металлам как: свинец, кадмий, ртуть, а также мышьяк в период с 2004 по 2017 год (табл. 3).

Загрязнение почв (земель) тяжелыми металлами рассматривается в качестве фактора, оказывающего отрицательное воздействие на урожайность и качество получаемой с данной территории сельскохозяйственной продукции, а также определенное (временное) состояние этих почв [1]. Загрязненные земли (почвы) — это земли (почвы), содержащие загрязняющие вещества выше предельно допустимой их концентрации (ПДК).

При отсутствии норматива ПДК для рассматриваемой почвы, используют фоновый уровень. Почвы, содержащие какое-либо химическое вещество выше фонового, также могут

рассматриваться как загрязненные [1, 10]. Под фоновым содержанием химического вещества в почвах понимается содержание, соответствующее ее природному химическому составу, без привнесения за счет антропогенных факторов, а в качестве образцов, рекомендуется использовать: погребенные почвы, датированные музейные образцы и почвы фоновых территорий, удаленных от локальных источников загрязнения на 50–100 км [10].

В настоящее время указанные выше данные по каждому из рассмотренных нами районов Липецкой области отсутствуют [7], поэтому мы были вынуждены для получения фоновых значений использовать данные, изложенные в монографии 2018 года Сискевича Ю.И. и др. «Почвы Липецкой области» [10].

Среди всех перечисленных в монографии разрезов с описанием химического состава почвы нами использовались данные для наиболее распространенного на территории области типа почв «черноземы выщелоченные». Из всех участков с данным почвенным типом для расчета фоновых значений использовались лишь те, на которых в течение продолжительного времени велось экстенсивное хозяйство (разрезы №№: 15, 22, 25, 34, 36, 38, 39, 41, 47). Об экстенсивном использова-

нии свидетельствует характер растительности (многолетние травы — 25; луговая —38, 39; лугово-степная —15, 34, 36, 41, 47; лугово-лесная растительность — 22), а также отсутствие пахотного горизонта во всех разрезах, кроме № 25 (таблица 4) [8].

Для всех элементов кроме мышьяка была построена следующая градация значений: меньше фона, фон — 0,5 ПДК, 0,5ПДК — 1ПДК, больше ПДК. Региональный фон по мышьяку превышает ПДК, в связи с чем, можно сделать вывод, что для данной территории характерно высокое содержание мышьяка в почвах по естественным причинам. В связи с отсутствием норм в гигиенических нормативах, качестве ПДК для подвижных форм свинца и кадмия взяты значения, предложенные Чулджиняном [5,6,12,13]. Также из-за возможности определить подвижная или валовая форм, а была предоставлена в Единую федеральную систему земель сельскохозяйственного назначения нами использовалось усредненное значение фоновых значений и ПДК для цинка (таблица 5, 6).

Анализ представленных данных о загрязнении пахотных почв Липецкой области свидетельствует об уменьшении загрязнённых земель в целом, однако, в некоторых районах эта тенденция противоположная.

Таблица 4

Фоновое содержание микроэлементов в почвах Липецкой области

№ разреза	Бор, подвижн. форма	Медь		Цинк		Мышьяк, валовая форма	Свинец, подвижн. форма	Кадмий, подвижн. форма	Ртуть, валовая форма
		подвижн. форма	валовая форма	подвижн. форма	валовая форма				
15	0,7	0,15	5,6	1,27	5,82	2	0,8	0,05	0,02
22	0,8	0,05	3,6	0	2,88	3,9	0,75	0,001	0,03
25	1,3	0,05	5,9	0,16	5,25	3,6	1,04	0,04	0,04
34	1,1	0,1	5,3	0,02	5,58	4,4	0,8	0,03	0,03
36	1	0,12	4,43	0,29	4,21	4,8	0,28	0,03	0,05
38	2,2	0,08	5,13	0,26	8,16	4,6	0,92	0,03	0,04
39	1,1	0,13	5	0,22	5,75	3,9	0,57	0,04	0,02
41	0,6	0,15	6,29	0,61	5,03	5,5	0,23	0,04	0,07
47	1,1	0,15	5,08	0,07	4,78	4,5	0,58	0,03	0,025
Региональный фон	1,10	0,11	5,15	0,32	5,27	4,13	0,66	0,03	0,04

Таблица 5

Границы выделяемых градаций, мг/кг

Содержание	Медь		Цинк	Мышьяк, валовая форма	Свинец, подвижн. форма	Кадмий, подвижн. форма	Ртуть, валовая форма
	подвижн. форма	валовая форма					
Региональный фон	0,11	5,15	2,8**		0,66	0,03	0,04
0,5 ПДК	0,15	27,50	30,75**	1,00	30,00	0,50	1,05
ПДК	0,3	55,00	61,5**	2,00	60,00*	1,00*	2,10

\* Взято по Чулджиян Х. Тяжелые металлы в почвах и растениях

\*\* рассчитано нами среднее между подвижной и валовой формой

Таблица 6

Площади земель с содержанием тяжелых металлов на территории Липецкой области по данным XI тура (2014-2017) агрохимического обследования, га

Содержание	Медь		Цинк	Мышьяк, валовая форма	Свинец, подвижн. форма	Кадмий, подвижн. форма	Ртуть, валовая форма
	подвижная форма	валовая форма					
Меньше фона	373270	533	778470	-	136972	45616	775245
До 0,5 ПДК	62363	3262	3922	892	644088	733902	2830
0,5 ПДК-1ПДК	337733	-	-	1292	-	604	-
Больше ПДК	5233	-	-	901	-	28	-





## Заклучение

Полученные результаты позволяют выявить тенденции экологической ситуации, связанной с содержанием ТМ (микроэлементов) в почвенном покрове продуктивных сельскохозяйственных земель; обеспечивать принятие оперативных управленческих решений по ликвидации и (или) предотвращению негативных последствий; и в очередной раз подтверждают важность и необходимость развития цифровизации в сфере экологии и природопользования.

## Литература

1. Волков С.Н., Вершинин В.В. Особенности землеустройства в загрязненной местности. \ Землеустроительное проектирование. Под ред. С.Н. Волкова 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: Колос, 1998.
2. Гигиенический норматив ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
3. Григорьян Б.Р., Кольцова Т.Г., Сунгатулина Л.М. Методические рекомендации по оценке почвенно-экологического состояния земель сельскохозяйственного назначения на соответствие требованиям органического земледелия. Казань. 2014. 52 с.

## Об авторах:

**Вершинин Валентин Валентинович**, доктор экономических наук, заведующий кафедрой почвоведения, экологии и природопользования, ORCID: <http://orcid.org/0000-001-9046-827X>, Researcher ID: O-1151-2017, Scopus Author ID: 57190580623, [v.vershinin.v@mail.ru](mailto:v.vershinin.v@mail.ru)  
**Галаганова Любовь Алексеевна**, аспирантка, [lyub-galagano@yandex.ru](mailto:lyub-galagano@yandex.ru)

## SHORT ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE CONTENT OF TRACE ELEMENTS AND HEAVY METALS IN THE SOILS OF THE LIPETSK REGION

**V.V. Vershinin, L.A. Galaganova**

State university of land use planning, Moscow, Russia

The article notes the polar-dual feature of heavy metals, acting, on the one hand — as vital for living organisms trace elements, on the other hand—as pollutants that have a detrimental effect on the soil, animals and plants. Attention is focused on the need to monitor trace elements in the soil cover of arable lands. A brief analysis of the dynamics of the content of trace elements and heavy metals in the soils of the Lipetsk region is given.

**Keyword:** heavy metals, trace elements, land monitoring, pollutants, chemical elements, maximum permissible concentrations, soils, mobile and gross forms.

## References

1. Volkov S.N., Vershinin V.V. Features of land management in polluted areas. Land management design. Edited by S.N. Volkov 2nd edition, revised and supplemented. M.: Kolos, 1998.
2. Hygienic standard GN 2.1.7.2041-06 Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil.
3. Grigoryan B.R., Koltsova T.G., Sungatullina L.M. Methodological recommendations for assessing the soil-ecological state of agricultural lands for compliance with the requirements of organic farming. Kazan. 2014. 52 p.
4. Unified Federal information system for agricultural lands. URL: <http://efis.mcx.ru/efis> (date accessed: 11.01.2019).
5. Motuzova G.V., Bezuglova O.S. Ecological monitoring of soils. Moscow: Gaudeamus, 2007. 237 p.
6. Plekhanova V.A. Problem of regulation of the content of cadmium in soil. *Vestnik KGU* = KGU bulletin. 2010. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-normirovaniya-soderzhaniya-kadmija-v-pochve> (accessed 11.08.2019).

## About the authors:

**Valentin V. Vershinin**, doctor of economic sciences, head of the department of soil science, ecology and nature management, ORCID: <http://orcid.org/0000-001-9046-827X>, Researcher ID: O-1151-2017, Scopus Author ID: 57190580623, [v.vershinin.v@mail.ru](mailto:v.vershinin.v@mail.ru)  
**Lyubov A. Galaganova**, postgraduate student, [lyub-galagano@yandex.ru](mailto:lyub-galagano@yandex.ru)

4. Единая федеральная информационная система земель сельскохозяйственного назначения. URL: <http://efis.mcx.ru/efis> (дата обращения: 11.01.2019).
5. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв М.: Гаудеамус, 2007. 237 с.
6. Плеханова В.А. Проблема нормирования содержания кадмия в почве // *Вестник КГУ*. 2010. № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problema-normirovaniya-soderzhaniya-kadmija-v-pochve> (дата обращения: 11.08.2019).
7. Сайт федерального государственного бюджетного учреждения «Центр агрохимической службы «Липецкий». URL: <http://agrohim48.ru/articles/monitoring-agrokhimicheskix-pokazatelej-pochv-lipецkkoj-oblasti.html> (Дата обращения 12.07.2019)
8. Сисевич Ю.И., Никоноренков В.А., Долгих О.В., Ахтырцев А.Б., Сушков В.Д. Почвы Липецкой области. Липецк: Позитив Л, 2018. 209 с.
9. Справочник по гидрохимии. URL: <http://bio.krc.karelia.ru/misc/hydro/index.html> (дата обращения: 15.08.2019).
10. Химическое загрязнение почв и их охрана. Словарь-справочник. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.
11. Черных Н.А., Баева Ю.И. Тяжелые металлы и здоровье человека // *Вестник РУДН*. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2004. № 1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-metally-i-zdorovie-cheloveka> (дата обращения: 15.08.2019).

[cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-metally-i-zdorovie-cheloveka](http://cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-metally-i-zdorovie-cheloveka) (дата обращения: 15.08.2019).

12. Чуджиян Х., Корвета С., Фацек З. Тяжелые металлы в почвах и растениях // Экологическая конференция. Братислава, 1988. Вып. 1. С. 5-24.
13. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. Учебное пособие для вузов. Томск, 2003. 336 с.
14. Флоринский М.А., Лунев М.И., Кузнецов А.В. и др. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. М.: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1994. 96 с.
15. Микроэлементы — список основных, нехватка и избыток в организме, суточные нормы. URL: <http://ydooinfo/mikroelementy.html>
16. Вершинин В.В. Землеустройство загрязненных территорий (экономика и организация). Диссертация на соискание ученой степени доктора наук. М. 2005. 359 с.
17. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
18. Оценка степени загрязнения почв опасными веществами и рекомендуемое определение размеров искосв предприятий, организациями, и учреждениями на нанесённый ущерб/ Госкомиздат по охране природы. М., 1991. 51 с.

7. Website of the Federal state budgetary institution "Center of agrochemical service "Lipetsk". URL: <https://agrohim48.ru/articles/monitoring-agrokhimicheskix-pokazatelej-pochv-lipецkkoj-oblasti.html> (accessed 12.07.2019)
8. Sinkevich Y.I., Nikonenko V.A., Dolgikh O.V., Akhtyr-tsev A.B., Sushkov D.V. Soils of the Lipetsk region. *Lipetsk: Positive L*, 2018. 209 p.
9. Handbook of hydrochemistry. URL: <http://bio.krc.karelia.ru/misc/hydro/index.html> (date accessed: 15.08.2019).
10. Chemical pollution of soils and their protection. Dictionary-reference. Moscow: Agropromizdat, 1991, 303 p.
11. Chernykh N.A., Baeva Yu.I. Heavy metals and human health. *Vestnik RUDN* = RUDN bulletin . Series: Ecology and life safety. 2004. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-metally-i-zdorovie-cheloveka> (accessed 15.08.2019).
12. Chuljian H., Corvete S., Facek Z. Heavy metals in soils and plants. Environmental conference. Bratislava, 1988. Issue 1. Pp. 5-24.
13. Yzikov E.G., Shatilov A.Y. Geoeological monitoring. Textbook for universities. Tomsk, 2003. 336 p.
14. Florinsky M.A., Lunev M.I., Kuznetsov A.V. and others. Guidelines for conducting a comprehensive agrochemical survey of agricultural land soils. Moscow: Centre for scientific and technical information, promotion and advertising, 1994. 96 p.
15. Trace elements — a list of basic, lack and excess in the body, daily norms. Source: <https://ydooinfo/mikroelementy.html>
16. Vershinin V.V. Land management of polluted territories (economy and organization). Dissertation for the degree of doctor of science. M. 2005. 359 p.
17. Kabata-Pendias A. trace Elements in soils and plants. Moscow: Mir, 1989. 439 p.
18. Assessment of the degree of soil contamination with hazardous substances and recommended determination of the size of claims by enterprises, organizations, and institutions for damage caused. State committee for nature protection. Moscow, 1991. 51 p.



## УПРАВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА РИСКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ В АПК

С.Е. Германова, Т.В. Дрёмова, Н.Б. Самброс, П.А. Петровская

Аграрно-технологический институт ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

К основным рискам хозяйствующих структур в АПК можно отнести риски загрязнения почв и убытков нефтепродуктами близлежащих нефтяных разработок и производств. Аграрная политика строится на адаптивных подходах, повышении эволюционного потенциала, устойчивости процессов и систем АПК. Актуальна задача прогнозирования загрязнения почвы, оперативного и полного анализа агроклиматических данных и принятия релевантного решения на основе экспертно-аналитических методов, мониторинга и др. Это позволит минимизировать риски, возможные ущербы, адаптироваться к риск-ситуациям в АПК, прогнозируя и релевантно оценивая их.

В работе исследуются задачи риск-менеджмента сельскохозяйственных предприятий, работающих в условиях опасности нефтяного загрязнения, необходимости снижения как финансовых, так и нефинансовых (экологических, кадровых, репутационных и других) рисков. Проанализированы системные и проблемно-ориентированные факторы, принципы и измерители (меры) загрязнения почвы нефтью. Предложена функция максимального правдоподобия для идентификации логистической модели, оценки загрязненности и почвенной устойчивости.

**Ключевые слова:** управление рисками, загрязнение почвы нефтепродуктами, оценивание, прогнозирование.

### Введение

Загрязнение почвы, из-за способности адсорбировать, накапливать загрязнение и отсутствия способностей быстрого и полного самоочищения — важная проблема защиты среды обитания. Интенсификация нефтедобычи, нефтепереработки приводит нередко к риск-ситуациям, загрязнению среды. Свыше 17% населения всех стран страдают от загрязнения окружающей среды, в различных климатических, сырьевых и иных условиях. Особенно страдают предприятия АПК, для которых из-за нефтяных загрязнений идет отчуждение земель.

Загрязненная почва и сама становится часто источником загрязнения воды, воздуха. Проблема актуальна для нефтедобывающих регионов, где наибольший урон предприятия наносят, механически разрушая почвенный покров, прорывами отходов, утечками, сбросами и разливами нефти (включая и аварийные).

Важно не только агроэкологический, почвенный мониторинг загрязнения почвы [1] и его воздействия на окружающую среду, но и оперативность реагирования, возможность прогнозирования и снижения ущерба в загрязняемых районах нефтедобычи.

При разработке, добыче нефти можно эффективно использовать интеллектуальные системы, такие, например, ГИС (геоинформационные), ЭС (экспертные), Data Mining (аналитические) и интеллектуальные методы обра-

ботки данных дистанционного зондирования или сложного почвенного физико-химического мониторинга [2]. Они позволяют работать с большими данными (Big Data) и размерностями загрязняемых пространств, что актуально в российском АПК, с недостаточно хорошей структурой земель (рис.1, <http://mkkprf.ru/17124-agroekologiya-osnova-ustoychivogo-razvitiya-apk.html>).

Можно применить также параметры состояния окружающего пространства, например, полифилетических — о давлении и противодействии, температуре, напряженности, тока, напоре и др. Все направлено на принятие решений ЛПР по скважинам, запасам, пластам и прогноз их ключевых параметров.



Рис.1. Структура земель АПК РФ





### Методология исследования

Проблема идентификации, мониторинга нефтяных загрязнений поверхности почвы — актуальна не только для крупных агропромышленных и нефтедобывающих стран, в частности, России. Отягощена она в ряде регионов и проблемой отчуждения земель, необходимостью их прогнозирования [3].

Мы предлагаем метод, основанный на функции максимального правдоподобия. Например, для логистической регрессии, определяемой по мониторинговым данным в виде:

$$P(y = 1|x) = 1/(1 + \exp(-wx)),$$

можно использовать функцию максимального правдоподобия [4] для идентификации и оценки логистической модели с выбранными гипотезами моделирования (например, нормального распределения ошибок измерений, мониторингового ряда и др.).

Функция правдоподобия логарифмического типа:

$$L(w) = \sum_{i=1}^n (y \log_2 f(x) + (1 - y) \log_2 (1 - f(x))).$$

### Экспериментальная база и ход исследования

Необходима оценка эффективности и планируемости работы предприятия АПК. Эффективность будем понимать, как отношение произведенного сельскохозяйственного продукта к затраченным мощностям в единицу времени и/или затратам на прогноз и снижение ущерба от загрязнения земель. Например, рентабельность будем оценивать положительно для коэффициентов выше 0,55 (55%). При оценке рентабельности учитывают ключевые температурные, агроэкологические и другие параметры.

Нефтяные загрязнения негативны для агрохимических свойств почвы: снижается активность ферментов, биоразнообразие (потенциал самоорганизации, порядка системы), происходит отмирание растительного покрова и другие последствия (табл. 1).

Используются данные и по влиянию загрязнителей на человека, возможному ущербу здоровью. Многие из этих данных имеются в свободном доступе (см., например, [5]), есть и ГИС, карты местности нефтедобычи, но важно иметь гибкую методику и процедуры, позволяющие обходиться без сложного, специализированного мониторинга.

Применяется часто моделирование на основе данных дистанционного зондирования, например, спутникового, использующего высокоточные мощные лазерные облучатели поверхности и высокоточные физико-математические процедуры последующего анализа спектральных данных и др. Это касается и водной и воздушной среды (например, [6]).

Здесь необходимы адекватные метрики, критерии. В качестве такого критерия задаем показатель интенсивности сигнала:

$$\rho(\lambda_1, \lambda_2) = I(\lambda_2)/I(\lambda_1),$$

где  $I(\lambda_2)$  — интенсивность отраженного от загрязненного пространства спутникового сигнала,  $I(\lambda_1)$  — нормированное значение для сигнала от незагрязненной поверхности, которое выбирается с использованием Big Data и Data Mining.

Для несложной, гибкой модели воздействия загрязнителей предложим систему расщепляемых уравнений:

$$\frac{dy_i}{dx_i} = m_{ij} \sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{y_j}{y_{i0}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n,$$

где  $m_{ij}$  — веса, соответствующие степени влияния загрязнителя номер  $i$ , когда в среде уже присутствует загрязнитель номер  $j$ , а  $y_{i0}$  — ПДК  $j$ -го загрязнителя при отсутствии других.

В качестве меры близости и пространства сходимости можно выбрать различные функции — энтропии и пространства. Мониторинг (мониторинговая информация) снимет неопределенность:  $H$  (информационную) и количество информации  $I$  зависят друг от друга и от вероятностей реализации сценария  $P$ :

$$H = - \sum_{i=0}^{n-1} p_i \log_2 p_i,$$

где  $p_i$  соответствует вероятности и количеству получаемой при реализации  $i$ -го сценария загрязнения информации, а энтропия — усредненная характеристика математических ожиданий  $I$ .

Связь энтропии загрязнения  $S$  с информацией  $H$  дает зависимость ( $k$  — термодинамический коэффициент Больцмана):

$$\frac{dH}{dt} = - \frac{\log_2 e}{k} \frac{dS}{dt}.$$

Если известны энтропии начала загрязнения ( $H_0$ ) и конца самоочищения ( $H_1$ ) по рассматриваемому сценарию загрязнения нефтепродуктами, то

$$\Delta H = H_0 - H_1.$$

Уменьшение  $\Delta H$  характеризует близость системы к самоочищению, увеличение  $\Delta H$  — к загрязнению.

### Результаты и обсуждение

Если рассматривать экосистему с нижней ( $\min$ ), верхней ( $\max$ ) и оптимальной ( $\text{opt}$ ) оценками загрязнения, целевой функцией управления  $F$ , множеством допустимых управлений  $U$ , то мера успешности очистки может оцениваться величиной

$$E = \frac{|F_{\max} - F_{\min}|}{|F_{\max} + F_{\min}|}.$$

Таблица 1

Факторы, характер и мера загрязнения почвы нефтью

N	Фактор загрязнения	Воздействие (характер и мера)
1	Легкие фракции	Высокая проникающая способность, затягивание на «дометровую» глубину, высокая испаряемость, низкая температура кипения, возможность самоочищения
2	Твердые фракции (парафин)	Высокоустойчивы, закупоривают поры почв, плохо окисляются на воздухе, нарушители влагообмена и «дыхания», ведут к деградации биоценоза
3	Ароматические углеводороды	Высокотоксичные (достаточно 1% для отмирания растения), плохо деградируют

Изменение  $E$  свидетельствует об успешности (не успешности) управления очисткой системы.

Для оценки риск-состояния добычи (производства) нефти, его экологических индикаторов, можно рассмотреть коэффициент нестабильной обстановки в системе (отрасли):

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |s_i - S_i|,$$

где  $s_i$  — площадь загрязнения загрязнителем  $i$ -го типа из  $n$  рассматриваемых (при условии стационарности их распределения),  $S_i$  — площадь, когда загрязнитель только начал действовать (в начале загрязнения). Этот показатель в периоде  $[0; T]$  отражает необратимые изменения на территории нефтедобычи, производства.

Для оценки нагрузки на почву введем:

$$p(t) = \frac{s(t)v(t)}{N(t)},$$

где  $s(t) = \{s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t)\}$  — вектор площадей в момент времени  $t$ , где  $v(t)$  — вектор весов (темпа загрязнения-очистки),  $N(t)$  — количество нефтяных предприятий (буровых, станций и др.) на рассматриваемой площади.

Кривые  $p=p(t)$  определяют траекторию предельного загрязнения среды и позволяют исследовать рост и бифуркации, ведущие к риск-состояниям. Загрязнение в областях нефтедобычи и переработки создают реальные риски, например, опасности заболеваний, злокачественных новообразований, эндокринных нарушений [7].

Хотя и разработаны эффективные, функционально-направленные технологии восстановления загрязненных нефтью и нефтепродуктами почв, снижения влияния техногенных и природных рисков и токсикантов, одной из важнейших задач является упреждение, прогнозирование, следовательно, моделирование риск-процессов в среде и окружении. Особенно, если учесть, что нефть имеет несколько сотен индивидуальных соединений углерода, водорода, серы, азота и кислорода, поэтому имитационных сценариев для компьютерного моделирования — множество и разнообразие.

Показателем устойчивости в рассматриваемой области  $Y$  может служить ее диаметр:

$$d(Y) = \sup\{\rho(y_1, y_2), y_1, y_2 \in Y\}.$$

Устойчивость определять можно и относительно допустимых отклонений (как вариант устойчивости по Ляпунову):

$$\rho(y_1, y_2) = \sup_{0 \leq t \leq T} |y_1(t) - y_2(t)|.$$

Конкретизируя ее, например, как устойчивость нефтяного предприятия, следует учесть:

- 1) изменения данных (ЦОД и Big Data);
- 2) объем (распределение) данных (например, рентабельность);
- 3) фактор неопределенности в данных;
- 4) динамическую (временную) устойчивость и др.

Рассмотренные процедуры и подходы к прогнозированию загрязнения учитывают устойчивость в среде (предприятия и окружение) и предельные воздействия. Но важно учесть и эффективность очистки, которая зависит существенно от инфраструктуры производства АПК.

Уровень очистки — нормативный (учитывающий, в частности, ПДК), определен экономической целесообразностью, например, отраслью или регионом.



В каждой геовременной зоне предприятия обычно рассматривают четыре основных состояния по загрязнению, со своими ставками платежей за ущерб, нормативными уровнями очищения:

- 1) нормальное состояние;
- 2) состояние риска;
- 3) состояние кризиса;
- 4) катастрофическое загрязнение (ЧС).

Например, в зоне «экологический риск» работает нормативный комплекс очистным сооружениям, есть свои документы-регуляторы.

### Область применения результатов

Под воздействием загрязнителей, меняется и микрофлора почвы, снижается ее плодородие. Деградация почв сильна на буровых и нефтяных площадках (нефтепромыслах), на линиях нефтепроводов и коммуникаций. Результаты работы (анализ, методы и подходы, критерии и модели) могут быть применены для практических, прогнозных задач, а также для разработки интеллектуальных систем ситуационного моделирования.

### Выводы

Без соблюдения экологических нормативов, требований возможны издержки предприятий, затраты по ликвидации ущерба от воздействия загрязнителей на среду (включая и человека).

Об авторах:

**Германова Светлана Евгеньевна**, старший преподаватель департамента Техносферной безопасности, germanova-se@rudn.ru

**Дрёмова Татьяна Валерьевна**, ассистент департамента Техносферной безопасности, dremova-tv@rudn.ru

**Самброс Наталия Борисовна**, старший преподаватель департамента Техносферной безопасности, sambros-nb@rudn.ru

**Петровская Полина Александровна**, старший преподаватель департамента Ландшафтного проектирования и устойчивых экосистем, petrovskaya-pa@rudn.ru

Механизмы функционирования нефтяных предприятий не обеспечивают сложно структурированный и трудно реализуемый (пусть даже эффективный) мониторинг. Сложные модели — с учетом многих факторов (общие издержки, прибыль и др.), поэтому многим приходится обращаться к эколого-экономическому моделированию.

Основным составляющими риск-проблем для АПК (сельскохозяйственного предпринимательства) является отсутствие:

- 1) управляющих адаптивных воздействий, например, в хозяйствах;
- 2) квалификации менеджмента (особенно, риск-менеджмента), неспособность идентифицировать риск-ситуацию вовремя, спланировать процесс минимизации ущерба;
- 3) системных усилий для предупреждения (ликвидации) последствий риск-ситуации.

Проведенный анализ показывает, что эффективность мер (технологическую, экологическую, классификационную и др.) по предупреждению и снижению ущерба риск-ситуаций зависит от релевантности гипотез, моделей, инструментария идентификации.

Прогноз риск-ситуаций возможен лишь поэтапный, с обеспечением устойчивости на каждом этапе моделирования — не ухудшая предыдущих решений. Рассмотренные модель и подходы к реализации и оценке прогнозных процедур, ситуационного моделирования мо-

гут стать эффективным практическим инструментарием из-за своей гибкости, массовости и оцениваемости.

### Литература

1. Седых В.А., Савич В.И., Балбако П.Н. Почвенно-экологический мониторинг. М.: Изд-во ВНИИА. 2013. 584с.
2. Гогмачадзе Г.Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации. М.: Изд-во МГУ. 2010. 592с.
3. Казиев В.М., Шевлоков В.З. Моделирование отчуждения земель в АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. 2008. № 5. с.56-58.
4. Мазалов В.В., Никитина Н.Н. Метод максимального правдоподобия для выделения сообществ в коммуникационных сетях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2018. т.14. № 3. с.200-214. URL: <http://doi.org/10.21638/11702/spbu10.2018.302> (дата обращения: 02.09.2019).
5. PubMed. US National Library of Medicine. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> (дата обращения: 12.12.2019).
6. Тимофеев Ю.М., Березин И.А., Виrolainen Я.А., Макарова М.В., Никитенко А.А. Анализ мезомасштабных вариаций содержания углекислого газа вблизи Москвы по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. т.16. № 4. с.263-270.
7. Дерябин А.Н., Унгуряну Т.Н., Бузинов Р.В. Риск здоровья населения, связанный с экспозицией химических веществ почвы // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. с.18-25. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.02.

## MANAGEMENT AND ASSESSMENT OF RISKS OF SOIL CONTAMINATION BY PETROLEUM PRODUCTS IN AGRO-INDUSTRY

**S.E. Germanova, T.V. Dremova, N.B. Sambros, P.A. Petrovskaya**

Agrarian and technological institute of RUDN University, Moscow, Russia

The main risks of economic structures in the agricultural complex include risks of soil pollution and losses of oil products of nearby oil developments and production. Agrarian policy is based on adaptive approaches, increasing evolutionary potential, sustainability of agribusiness processes and systems. The task of predicting soil contamination, prompt and complete analysis of agroclimatic data and making a relevant decision on the basis of expert and analytical methods, monitoring, etc., is relevant. This will allow minimizing risks, possible damages, adapting to risk situations in the agribusiness, predicting and assessing them in a relevant way.

The work explores the tasks of risk management of agricultural enterprises operating in conditions of oil pollution danger, the need to reduce both financial and non-financial (environmental, personnel, reputational and other) risks. Systemic and problem-oriented factors, principles and measures of soil contamination with oil have been analyzed. A maximum likelihood function is proposed for identifying a logistics model, assessing contamination and soil resistance.

**Keywords:** risk management, soil pollution with petroleum products, assessment, forecasting.

### References

1. Sedyh V.A., Savich V.I., Balbako P.N. Soil and environmental monitoring. Moscow: VNIIA. 2013. 584 p.
2. Gogmachadze G.D. Agroecological monitoring of soils and land resources of the Russian Federation. Moscow: Moscow State University. 2010. 592 p.
3. Kaziev V.M., Shevlovkov V.Z. Modelling land alienation in agricultural complex. *Mezhdunarodnyj sel'skhozajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2008. No 5. Pp.56-58.

4. Mazalov V.V., Nikitin N.N. Method of Maximum Likelihood for Isolation of Communities in Communication Networks. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaja matematika. Informatika. Processy upravlenija* = Journal of St. Petersburg University. Applied Mathematics. Informatics. Management. 2018. Vol.14 No 3. Pp. 200-214. URL: <http://doi.org/10.21638/11702/spbu10.2018.302> (date of appeal: 2.9.2019).

5. PubMed. US National Library of Medicine. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> (date of the address: 12.12.2019).

6. Timothy Yu.M., Berezin I.A., Virolainen J.A., Makarov M.V., Nikitenko A.A. Analysis of mesoscale variations of carbon dioxide content near Moscow according to satellite data. *Sovremennje problemj distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa* = Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2019. Vol.16. No 4. Pp. 263-270.

7. Derybin A.N., Unguryanu T.N., Buzinov R.V. Risk to public health related to exposure of soil chemicals. *Analiz riska zdorovju* = Health risk analysis. 2019 No 3. Pp.18-25. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.02.

About the authors:

**Svetlana E. Germanova**, senior lecturer of department of Technosphere security of agrarian and technological, germanova-se@rudn.ru

**Tatiana V. Dremova**, assistant of department of Technosphere security of agrarian and technological, dremova-tv@rudn.ru

**Nataliya B. Sambros**, senior lecturer of department of Technosphere security of agrarian and technological, sambros-nb@rudn.ru

**Polina A. Petrovskaya**, senior lecturer of department of landscape architecture and sustainable ecosystem, petrovskaya-pa@rudn.ru

germanova-se@rudn.ru





## О ПОЛЕГАНИИ ЗЛАКОВЫХ РАСТЕНИЙ И МЕТОДИКАХ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ИХ СТЕБЛЕЙ

В.Г. Григулецкий

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

Дано краткое описание существующих методик по оценке устойчивости стеблей злаковых растений и предложена новая методика оценки устойчивости равновесия при полегании. В основу новой методики положено отношение «гибкости» стеблей в разные периоды (фазы) роста растения. В качестве характерной длины (высоты) стебля при нахождении «гибкости» растения сначала используется «критическая» высота стебля в период начала кущения, собственно кущения и выхода в трубку, а затем — «критическая» высота стебля в период начала колошения, собственно колошения, цветения, набора молочно-восковой спелости и полного созревания зерна. Если «начальная гибкость» растения больше «конечной гибкости», то с вероятностью 83% стеблевое полегание будет отсутствовать. Если «конечная гибкость» растения больше «начальной гибкости», то с вероятностью 83% произойдет стеблевое полегание растений. Рассмотрены примеры расчетов.

**Ключевые слова:** устойчивость равновесия, изгиб стебля, критическая высота растения, гибкость стебля, показатель устойчивости, полегание растений.

1. Давно известно [1-6], что стеблевое полегание растений, в общем, характеризуется деформированием (изгибом) стебля при совместном действии внешних и внутренних сил. Сэр Дэйви Хамфри (Davy Humphry) еще в 1789 г. наблюдал полегание злаковых культур и объяснил это явление низким содержанием кремния в стебле растения [1]. Юстус Либиг (Justus Liebig) в фундаментальной монографии 1842 г. также объяснял процесс полегания хлебов недостатком кремния в стебле растения [2]. По мнению Д.В. Егорова основной причиной полегания яровой пшеницы служит размокание верхнего слоя почвы при многократном действии на растения сильного ветра и ветра с дождем [6].

Известно также [6-9], что полегание зерновых культур в основном происходит в период начала колошения, собственно колошения, фазы восковой и полной спелости зерна. А.Д. Пасечник специально отмечает, что «в 83% случаев полегание озимой пшеницы начинается в период колошение-восковая спелость и только 17% — в более ранний и поздний период» [7].

М.И. Ляковский наиболее полно исследовал процесс формирования клеточной оболочки зерновых растений при полегании в 1968 г. и специально отмечает, что «**в периоды колошение-цветение злаковые растения очень чувствительны к полеганию**» [8, с. 19].

Обоснование механизма полегания растений в периоды колошение-цветение наиболее полно дано в диссертации М.И. Ляковского [8], в которой отмечается следующее. «Основными полимерами клеточной оболочки являются целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин. Целлюлоза образует остов клеточной стенки, вокруг которого расположен аморфный материал. В течение вегетационного периода клетчатка подвергается различным превращениям, которые приводят к уменьшению ее содержания. Так, наибольшее количество целлюлозы имеется в нижней части стебля в **фазе трубкувания и восковой спелости зерна**.

Перед колошением количество клетчатки начинает снижаться и в период интенсивного роста верхнего междоузлия падает до минимума. Очевидно, в период усиленного роста, который происходит после колошения, потребность в строительном материале удовлетворяется за счет скелетных образований, накопившихся до этого времени в стебле. В дальнейшем, по мере созревания зерна, постепенно происходит новообразование целлюлозы и в фазе восковой спелости достигает максимального количества, после чего снова вовлекается в метаболизм.

Закономерность, отмеченная нами в динамике накопления и превращения целлюлозы в стеблях контрольных растений, наблюдается и в остальных вариантах. Как и следовало ожидать, потребность в метаболитах с усилением процессов роста гиббереллином в период колошения становится еще большей. В результате этого скелетные образования стебля претерпевают более интенсивное превращение, чем в контроле, и количество целлюлозы в нижних междоузлиях в это время уменьшается почти наполовину. Вследствие замедления роста верхней части стебля для процессов роста требуется меньшее количество метаболитов, и целлюлоза в нижних междоузлиях не испытывает таких глубоких превращений, как это происходит в контроле и особенно в варианте с гиббереллином.

Потребность в строительном материале удовлетворяется в основном за счет продуктов фотосинтеза. В состав нецеллюлозных компонентов клеточной стенки входит большая группа соединений, называемых гемицеллюлозами. Являясь легкогидролизуемыми веществами, последние подвергаются самым разнообразным превращениям в зависимости от физиологического состояния организма. Так, в нижних междоузлиях содержание их уменьшается перед колошением, цветением и в период начала созревания зерна. В эти фазы развития продукты их гидролиза используются в процессах роста, формирования репродуктивных органов и синтезе запасных веществ зерновок. В дальнейшем, после колошения содержание гемицеллюлоз возрастает, а количество гемицеллюлоз в период цветения резко снижается и к начальным фазам созревания зерна снова достигает наивысшего уровня.

Период от полного колошения до начала созревания зерна характеризуется очень низким уровнем глюкозы, так как она используется в процессах синтеза, а интенсивность фотосинтеза в это время уменьшается. После начальных фаз созревания зерна до молочной спелости гемицеллюлозы начинают убывать, в результате чего содержание глюкозы достигает максимума. Глюкоза, накопившаяся после молочной спелости зерна, полимеризуется в целлюлозу и содержание последней резко возрастает. После восковой спелости целлюлоза вовлекается в метаболизм, а количество гемицеллюлоз несколько увеличивается. Следовательно, в превращениях целлюлозы и гемицеллюлоз наблюдается определенная последовательность.

Включение в метаболизм одного полимера сопровождается усиленным синтезом другого. **Связывающим звеном между этими компонентами оболочки, по-видимому, являются растворимые сахара.** Повышенное содержание растворимых сахаров в нижней части стебля растений пшеницы способствует более интенсивному синтезу углеводных биополимеров в нижних междоузлиях по сравнению с верхними. Отмеченный факт раскрывает значение нижних междоузлий для растений. Эта часть стебля испытывает наибольшую нагрузку, поэтому механические ткани очень развиты и содержание скелетных образований здесь самое высокое.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что торможением роста удастся изменить перераспределение пластических веществ, направив их использование не на процессы роста, а на синтез скелетных образований. Обогащение тканей стебля растворимыми углеводами способствует усилению биосинтеза целлюлозы, гемицеллюлоз, в результате чего их содержание в растениях, обработанных хлорхлоридом, превышает количество этих полимеров в контроле. **Повышенное содержание скелетных образований в стебле усиливает его прочность на излом.** В условиях пониженного количества растворимых углеводов в тканях, что наблюдается при усилении процессов роста гиббереллином, биосинтез компонентов клеточной оболочки замедляется, вследствие чего ткани стебля обеднены скелетными образованиями.

**Прочность стебля зависит не только от содержания клетчатки и гемицеллюлозы, а и от степени его одревеснения.** На первых стадиях развития клеточная оболочка состоит в основном из углеводов. Лишь через



некоторый период, в результате лигнификации, ранее существовавшие пустоты между полисахаридными волокнами постепенно заполняются лигнином. Процесс одревеснения имеет, по-видимому, двоякий смысл. Лигнин цементирует и скрепляет целлюлозные волокна друг с другом и защищает их от физических и химических превращений. Он никогда не встречается в природе один, а всегда вместе с целлюлозой и другими углеводами.

Оказалось, что перед колошением содержание компонентов клеточной стенки достигает определенного уровня. Наиболее богаты скелетными образованиями нижние междоузлия. По мере приближения к колошению начинает постепенно снижаться количество целлюлозы, синтез гемицеллюлоз и лигнина замедляется. В период колошения содержание биополимеров клеточной оболочки в нижней части стебля резко уменьшается. Причем количество некоторых компонентов в условиях нормального роста снижается наполовину. Усиление же ростовых процессов гибберелином вызывает еще более заметный гидролиз компонентов клеточной оболочки. При торможении роста хлорхололинхлоридом они также подвергаются превращениям, но в значительно меньшей степени, чем в контроле и варианте с гибберелином.

Объясняется это, по-видимому, тем, что к периоду колошения растения развивают большую листовую массу; травостой становится густым и труднопроницаемым для света. Потребность растений в ассимилятах к этому времени резко возрастает. За 5-6 дней верхнее междоузлие вырастает на 40-45 см. Фотосинтез не в состоянии обеспечить растущие части строительным материалом, и в обмен вовлекаются компоненты клеточной оболочки. Затухание ростовых процессов в верхней части стебля способствует увеличению количества биополимеров клеточной стенки. В период цветения последние снова вовлекаются в метаболизм.

Изучая процесс лигнификации, М.С. Бардинская, К.Б. Пятикрестовская (1956) обнаружили значительное количество фенольных соединений в почках листовых деревьев перед их развитием. Накопление последних в почках говорит о том, что они притекают из других частей растения в результате его подготовки к процессам роста. Следовательно, резкое снижение количества биополимеров клеточной оболочки в период колошения-цветения, наблюдающееся в наших исследованиях, можно, очевидно, объяснить раздревеснением стебля. **Вследствие уменьшения содержания скелетных образований, особенно в нижней части растения, которая испытывает наибольшую нагрузку, стебель не выдерживает ее и ломается.**

Если усилить процессы роста в период колошения (вариант с гибберелином), то интенсивность гидролиза скелетных образований в стебле также повышается, что ведет к полеганию. Повышенное содержание растворимых углеводов в стеблях пшеницы, обработанной хлорхололинхлоридом, и более высокая интенсивность фотосинтеза обеспечивают замедленные ростовые процессы строительным материалом, вследствие этого скелетные образования в нижней части стебля не вовлекаются так интенсивно в метаболизм, как это происходит в контроле. Таким образом, **одной из очень важных причин полегания злаков в период колошения-цветения является гидролиз скелетных образований в нижней части стебля.** Так как в присутствии гибберелина этот процесс происходил очень интенсивно, то растения этих вариантов полегли самими первыми; несколько позже полегание распространилось на контрольные деланки. Растения, обработанные ССС, имели самую высокую устойчивость против полегания, и в наших опытах полегания в этих вариантах не наблюдалось.

После цветения растений ростовые процессы полностью затухают (Кулешов и др., 1951). Продукты фотосинтеза используются в этот период в процессах созревания и синтеза биополимеров клеточной оболочки стебля. Наиболее интенсивно происходит биосинтез гемицеллюлоз; увеличение же содержания целлюлозы и лигнина в стебле происходит постепенно. В начальные фазы созревания зерна гемицеллюлозы достигают наивысшего уровня за весь период вегетации и в дальнейшем их количество резко уменьшается. Интенсивный гидролиз гемицеллюлоз сопровождается увеличением содержания моносахаридов, вследствие чего до фазы восковой спелости усиливается синтез целлюлозы. Содержание лигнина достигает наиболее высокого уровня в фазе молочной спелости зерна. За период от цветения до молочной спелости зерна возрастает накопление сухих веществ в стебле. В заключительные фазы созревания количество сухих веществ снижается, что, очевидно, объясняется только тем, что растениям в это время не хватает ассимилятов. **Поэтому приток органических веществ к семенам происходит за счет мобилизации и оттока их из вегетативных органов.** Отмеченное явление, согласно исследованиям Г.К. Сажавалова (1960), характерно для всех зерновых злаков.

Таким образом, в формировании клеточной оболочки в период созревания наблюдаются значительные изменения. Последние выражаются

**в усилении биосинтеза** ее компонентов **до молочной спелости** зерна и гидролизе накопившихся биополимеров в период конечных фаз созревания. Хлорхололинхлорид оказывает положительное влияние как на накопление биополимеров клеточной оболочки (усиливает синтез), так и на их превращение в период созревания зерна. Полученный материал свидетельствует о том, что клеточная оболочка играет определенную роль в метаболизме не только в период созревания зерна, но и выполняет важные физиологические функции в фазы колошения и цветения. В продуктах превращения скелетных образований стебля растение имеет дополнительный источник пластического материала, который используется в наиболее критические периоды развития организма» [8].

М.И. Лясковский специально отмечает, что «проблема борьбы с полеганием в течение почти двух столетий является предметом исследований многих ученых. Важность этого вопроса становится понятной, если учесть, что недобор зерна от полегания в отдельные годы достигает 30-35% от ожидаемого урожая. Однако вопрос борьбы с полеганием оказался настолько сложным и трудным, что в настоящее время его нельзя считать полностью решенным» [8].

**2. Оценку устойчивости растений зерновых культур при полегании** проводят давно по разным методикам [9-12]. М.А. Ильинская-Центилович, Б.П. Гурьев еще в 1955-1956 гг. выполнили [9] важную полевую работу по оценке устойчивости против полегания в селекции озимой пшеницы и отмечают следующее. «Существующие методы оценки селекционного материала на устойчивость против полегания несовершенны: они ограничиваются изучением сортов, посеянных на сильно удобренных, увлажненных почвах и в загущенных посевах. **Степень устойчивости определяется глазомерно по пятибалльной шкале, что дает общее представление о поведении сорта, но исключает возможность индивидуальной оценки и отбора растений.**

Более объективным методом в сравнении с глазомерной оценкой является метод «отрезков», предложенный И.Я. Коростелевым. Метод «отрезков» позволяет оценить сорт в целом, но тоже не дает возможности выделить отдельные растения. Принято считать, что неполегающая пшеница имеет более короткий, толстый стебель и широкие листья, у полегающей пшеницы стебли высокие и тонкие, листья длинные и узкие. Анализ районированных на Украине сортов по этим признакам не подтверждает этого положения. Так, сильно полегающий сорт Одесская 3 обладает сравнительно коротким стеблем (80-100 см), а устойчивый сорт Лютесценс 17, наоборот, значительно более высоким (100-125 см).

При стеблевом полегании злаков решающее значение имеет прочность первого и второго надземных междоузлий. Прочность стебля связана с его анатомическим строением, а именно: с толщиной кольца механической ткани и количеством сосудисто-волокнистых пучков. **Существующие методы глазомерной оценки устойчивости против полегания пригодны лишь в годы полегания пшениц.** Анатомический же анализ стеблей может быть использован в любые годы и может служить надежным методом оценки сортов озимой пшеницы на устойчивость против полегания. **Оценки растений на устойчивость против полегания лишь по надземной части растения не может быть признана исчерпывающей.** Большое значение имеет структура корневой системы. Слабое развитие последней не создает достаточно прочной опоры для стебля и способствует полеганию. Таким образом, изучение процесса формирования морфолого-анатомической структуры стебля озимой пшеницы показало, что между полегающими и неполегающими растениями имеются существенные различия. Исходя из этого, **оценку на устойчивость против полегания не следует ограничивать лишь методами глазомерной оценки, а целесообразно использовать морфолого-анатомические особенности растений, что позволит оценить и индивидуальную изменчивость их по этому признаку»** [9].

Ю.И. Кириллов в 1959 г. опубликовал важную аналитическую работу, в которой приведены результаты сравнения разных методов оценки устойчивости растений (на примере овса) к стеблевому полеганию [10]. В первой части работы специально отмечается, что «в Советском Союзе общепринятой в селекционном процессе является глазомерная оценка устойчивости сортов к полеганию — по пятибалльной шкале. За рубежом в этих целях применяются десятибалльные и другие шкалы. **Однако такая оценка устойчивости сорта к полеганию является субъективной и недостаточно надежной.** Морфологический метод оценки по длине и толщине нижних междоузлий стеблей с учетом высоты растений, используемый в практической работе многими селекционерами, не всегда дает положительные результаты, так как в этом случае не принимаются во внимание особенности анатомического строения стебля, влияющие на его прочность.

В последнее время за рубежом при оценке устойчивости сортов к полеганию применяется ряд новых методов. Гамильтон (1951 г.) предположил





применять метод «индексов», использование которого дает возможность производить оценку устойчивости сортов против полегания по трем основным морфологическим показателям: диаметру стебля, мощности развития корневой системы и высоте растения. Этот метод хотя и является некоторым шагом вперед, однако имеет существенный недостаток, состоящий в том, что он не охватывает полностью все сложные взаимосвязи растительного организма. Так, например, прочность стебля, как мы покажем далее, определяется не только диаметром его, но и главным образом различными количественными соотношениями отдельных элементов анатомической структуры стебля, строго определенных для каждого сорта, хотя и подверженных изменениям под влиянием меняющихся условий внешней среды.

Сведений о пригодности применения тех или иных методов лабораторной оценки зерновых культур по устойчивости против полегания в литературе мало. В Институте мелиорации и освоения осушенных земель АН Эстонской ССР в 1953-1955 гг. нами производились исследования на посевах большого сортового материала из коллекции ВИР на осушенной торфяно-болотной почве низинного гипново-осокового болота. Для определения физико-механических свойств стебля и мощности развития корневой системы были подобраны сорта овса, устойчивые и неустойчивые к стеблевому полеганию. Сравнительной оценке были подвергнуты следующие лабораторные методы: вибрационный метод определения жесткости стебля И. В. Крагельского, определение прочности стеблей методом сопротивления излому, весовые методы Аткинса-Девиса и Коростелева и анатомический метод. Одновременно производилась глазомерная оценка устойчивости сортов против полегания.

Вибрационный метод применяется для определения одного из основных физико-механических свойств стебля — его жесткости. В более общем представлении под жесткостью понимают сопротивление тела изменениям, которые могут быть вызваны в нем различными условиями (ветер, дождь). Жесткость стеблей различных сортов пшениц методом вибрации определялась **М.Ф. Бурмистровой (1937 г.)**. В ее работе приводится преобразованная формула вибраций проф. С.П. Тимошенко, которая в окончательном виде представляет:

$$EJ = \frac{\ell^3 Q}{T^2} \times 0,0134,$$

где  $Q = p + 0,235g$ ,  $EJ$  — жесткость стебля в  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;  $\ell$  — длина отрезка стебля в сантиметрах;  $p$  — вес груза, привешенного на конец отрезка стебля, в граммах;  $g$  — вес отрезка стебля в граммах;  $T$  — время полного колебания в секундах.

Отрезок стебля без листьев с учетной длиной 30-40 сантиметров своей концевой частью горизонтально закрепляется на краю стола пластилином. Закрепление должно быть плотное, но не приводящее к расплющиванию соломины. На конец закрепленного стебля привешивается груз «Р», специально подбираемый при каждом отдельном определении. Груз должен быть подобран таким образом, чтобы не сильно прогибать стебель. Для различных сортов овса нами применялся груз (шарики с отверстиями, изготовленные из детского пластилина) весом от 3 до 25 граммов, в зависимости от сорта и времени производства определений. Легким нажимом пальца на подвешенный груз стебель заставляют колебаться, отмечая при этом секундомером начало и конец колебания. Для более точного определения времени колебания по каждому стеблю производится повторение не менее трех раз для уточнения среднего показателя. После замера колебаний стебель в месте закрепления обрезается и взвешивается с точностью до одной сотой грамма. Кроме того, желателен произвести промеры диаметра середины второго нижнего междоузлия на 10 главных стеблях растений. Несколько больше времени идет на непосредственное вычисление показателя жесткости по формуле. Однако эти вычисления можно ускорить применением специальных таблиц или логарифмической линейки» [10].

В.Ф. Дорофеев, В.И. Пономарев [12], характеризуя методы оценки устойчивости зерновых культур к полеганию, отмечают следующее. «Наиболее широко используется метод полевой глазомерной оценки устойчивости растений злаков к полеганию по пятибалльной шкале. За рубежом применяется десятибалльная шкала оценки. Этот метод позволяет **визуально получить данные о времени и степени полегания растений**, если оценка проводится в разные фазы развития. В большинстве случаев оценка проводится в фазы колошения и восковой спелости зерна, а также после каждого массового полегания. Балл 5 ставится при отсутствии полегания, балл 1 получают растения, сильно полегшие, непригодные к машинной уборке. Продолжительность испытания сортов и гибридов на устойчивость к полеганию обычно не менее 3 лет.

К недостаткам этого метода следует отнести длительный срок испытания и ограниченные возможности индивидуальной оценки растений. Применять его можно лишь на крупных делянках и на более поздних фазах селекционной работы. К недостатку полевого метода относится также его большая зависимость от метеорологических условий. **Глазомерная оценка** бывает наиболее достоверной при соответствующих климатических условиях, создающих благоприятный фон для полегания растений.

В настоящее время используются комплексные установки, позволяющие в поле искусственно создавать на небольших площадях провокационные условия для оценки устойчивости зерновых культур к полеганию. Такой комплексный прибор — камера с искусственным микроклиматом (дождь и ветер) — может быть стационарным (ветровой канал для испытания растений в вазонах при точном регулировании скорости ветра) или передвижным (небольшая камера размером 1 кв. м, куда искусственно в течение определенного времени подается влага в виде дождя и поток воздуха). Передвижную камеру с успехом использовали в Чехословакии при оценке коллекции ячменя».

Известен «метод индексов» Гамильтона [12], по которому степень устойчивости растений к полеганию определяется по трем показателям: диаметру стебля, высоте растений и характеру развития корневой системы. В монографии [12], кроме того, отмечается весовой метод Эткинса-Коростелева, который заключается в определении веса 100 отрезков стебля определенной длины. Отрезки, включающие два нижних междоузлия, связывают в пучок, просушивают и взвешивают. После измерения длины каждого отрезка с точностью до 1 мм делением веса 100 отрезков на сумму их длины определяют вес 1 см соломины. У сортов, не устойчивых к полеганию, вес 1 см отрезка стебля меньше. Метод отрезков Эткинса-Коростелева является хорошим дополнением к полевому методу визуальной оценки.

Тетерятченко в дополнение к методу Эткинса-Коростелева предложил для сортов озимой пшеницы определять вес отрезков корня. 50 отрезков по 2 см, взятых на расстоянии 1 см от узла кущения, высушивают до постоянного веса и взвешивают. Установлено, что больший вес отрезков корня соответствует устойчивым к полеганию сортам. Метод оценки по вторичным узловым корням, предложенный Ильинской-Центилович и Рождественским, основан на определении устойчивости к полеганию по вторичным корням. Оценка проводится в фазе кущения. Растения осенью выкапывают из почвы и анализируют (определяют характер развития корневой системы, толщину корней). Установлено, что неполегающие сорта имеют сравнительно толстые упругие корни, радиально расходившиеся от узла кущения. Этот метод требует проверки в фазе полной спелости зерна на крепость соломины.

В последнее время все чаще для оценки зерновых культур на устойчивость к полеганию используют приборы. Очевидно, определение степени устойчивости растений к полеганию приборами дает возможность получать прямые данные о прочности осевых органов злаков и более объективно судить об их устойчивости к полеганию. Ряд приборов основан на принципе измерения сопротивления стебля излому (физико-механические свойства). Наиболее простым, удобным в работе и сравнительно точным является прибор, сконструированный в Агрофизическом научно-исследовательском институте совместно с отделом пшениц ВИРА. В литературе он вошел под названием «**прибора АФИ**».

Для испытания прочности стебля на излом берут отрезки второго нижнего междоузлия (или всех междоузлий) длиной 5 см, которые помещают в отверстия передней рамы. Вращением рукоятки нажимная планка с пластинкой приближается к середине отрезка соломины, надавливая на нее и ломает. При этом на шкале перемещаются рабочая и контрольная стрелки, которые показывают усилие в граммах, затрачиваемое на излом. К прибору прилагается несколько сменных шкал. Испытание показало корреляционную связь между сопротивлением стеблей излому и устойчивостью растений к полеганию. Чем выше сопротивление стебля излому, тем большей устойчивостью к полеганию обладает сорт [12].

Особенно подробно в книге [12] изложен вибрационный метод для определения жесткости стебля, который предложен И.В. Крагельским и испытан на злаковых культурах Ю.И. Кирилловым (1959 г.). Ю.И. Кириллову удалось этим методом выявить устойчивые к полеганию сорта овса. По его данным, с увеличением толщины стебля жесткость обычно увеличивается. Авторы книги [12] специально отмечают, что «**в течение ряда лет ведутся поиски новых методов оценки растений на устойчивость к полеганию, а также выяснению таких свойств растений, которые находились бы в корреляционной связи с фактической устойчивостью к полеганию. Имеется много разнообразных лабораторных методов, однако большинство из них не удовлетворяет в полной мере селекционеров**» [12, с. 46].



3. Рассмотрим новую методику оценки устойчивости стеблей злаковых растений при полегании. Для оценки устойчивости растений зерновых культур предлагается использовать «показатель устойчивости» (ПУ), определяемый по формуле:

$$ПУ = \frac{\Gamma_n}{\Gamma_k}, \quad (1)$$

$\Gamma_n$  — гибкость стебля растения в период начала кущения, собственно кущения и выхода в трубку;  $\Gamma_k$  — гибкость стебля растения в период начала колошения, собственно колошения, цветения, набора молочно-восковой спелости и полного созревания зерна.

Численное значение «гибкости» растения ( $\Gamma$ ) определяется по известным [13-16] формулам сопротивления материалов:

$$\Gamma = \frac{L}{i}, \quad (2)$$

$L$  — длина растения;  $i$  — радиус инерции поперечного сечения растения, значение которого определяется по формуле:

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}}, \quad (3)$$

$J$  — момент инерции поперечного сечения стебля растения (можно использовать среднее значение);  $F$  — площадь поперечного сечения стебля растения (можно использовать среднее значение для основного стебля).

Значения момента инерции ( $J$ ) и площади поперечного сечения стебля ( $F$ ) можно находить по известным формулам:

$$J = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4), \quad (4)$$

$$F = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2), \quad (5)$$

$D$  — наружный диаметр стебля растения;  $d$  — внутренний диаметр стебля растения.

В качестве «длины растения» ( $L$ ) в формуле (2) необходимо использовать сначала значение «критической» длины (высоты) растения в период начала кущения, собственно кущения и выхода в трубку ( $L = L_{крн}$ ), а затем значение «критической» длины (высоты) растения в период начала колошения, собственно колошения, цветения, набора молочно-восковой спелости и полного созревания зерна ( $L = L_{крк}$ ). Это замечание относится и к значениям гибкости растений ( $\Gamma$ ), то есть сначала определяется  $\Gamma = \Gamma_n$ , а затем  $\Gamma = \Gamma_k$ . Таким образом, формулу (1) можно записать в виде:

$$ПУ = \left( \frac{L_{крн}}{L_{крк}} \right) \sqrt{\left( \frac{J_k}{J_n} \right) \left( \frac{F_n}{F_k} \right)}, \quad (6)$$

$F_n, F_k$  — площадь поперечного сечения стебля в период начала кущения ( $F_n$ ) и фазе колошения ( $F_k$ );  $J_n, J_k$  — момент инерции поперечного сечения стебля в период начала кущения ( $J_n$ ) и фазе колошения ( $J_k$ ) соответственно.

Формулы (1) и (6) определяют «показатель устойчивости» растения (ПУ), численное значение которого равно отношению «начальной» гибкости растения ( $\Gamma_n$ ) к «конечной» гибкости растения ( $\Gamma_k$ ). Если «начальная гибкость» растения ( $\Gamma_n$ ) больше «конечной гибкости» растения ( $\Gamma_k$ ), то с вероятностью 83% можно утверждать, что стеблевое полегание растений зерновых культур будет отсутствовать (в этом случае  $ПУ > 1$ ). Если «конечная гибкость» растения ( $\Gamma_k$ ) больше «начальной гибкости» растения ( $\Gamma_n$ ), то с вероятностью 83% можно утверждать, что произойдет стеблевое полегание растений зерновых культур (в этом случае  $ПУ < 1$ ) [7].

Для практических расчетов вместо формулы (6) можно рекомендовать следующее приближенное отношение:

$$ПУ = \frac{L_{крн}}{L_{крк}}, \quad (7)$$

потому что значение квадратного корня в формуле (6) практически равно единице. Формула (7) имеет простой физический смысл: если значение «критической» длины (высоты) растения в период начала кущения, собственно кущения и выхода в трубку ( $L_{крн}$ ) больше значения «критической» длины (высоты) растения в период начала колошения, собственно колошения, цветения, набора молочно-восковой спелости и полного созревания зерна ( $L_{крк}$ ), то стеблевое полегание растений зерновых культур будет отсутствовать (в этом случае  $ПУ > 1$ ); если значение «критической» длины (высоты) растения в период начала кущения, собственно кущения и выхода в трубку ( $L_{крн}$ ) меньше значения «критической» длины (высоты) растения в

период начала колошения, собственно колошения, цветения, набора молочно-восковой спелости и полного созревания зерна ( $L_{крк}$ ), то произойдет стеблевое полегание растений зерновых культур. Значение «критической» длины (высоты) растения в период начала кущения, собственно кущения и выхода в трубку ( $L = L_{крн}$ ) при этом определяется по ранее предложенной [17] формуле:

$$L_{крн} = 2,0 \sqrt[3]{\frac{E_n J_n}{q_n}}, \quad (8)$$

$E_n$  — модуль упругости (модуль Юнга) стебля растения в период начала кущения, собственно кущения и выхода в трубку;  $J_n$  — осевой момент инерции поперечного сечения стебля для указанного выше периода роста;  $q_n$  — вес единицы длины стебля растения для указанного выше периода роста [17].

В статье [18] рассмотрен более общий случай изгиба растения: начало колошения, собственно колошение, цветение, набор молочно-восковой спелости и полное созревание зерна [18]. Для нахождения «критической» длины (высоты) растения ( $L_{крк}$ ), при которой возможна потеря устойчивости прямолинейной формы равновесия (изгиб оси стебля) в этом случае получено соотношение:

$$q_k \ell = \left( \frac{E_k J_k}{\ell^2} \right) \frac{k \left( 1 + 4z\ell^2 + \frac{36}{5} z^2 \ell^4 \right)}{\left( \frac{1}{3} + \frac{4}{5} z\ell^2 + \frac{4}{7} z^2 \ell^4 \right) + k \left( \frac{1}{12} + \frac{2}{15} z\ell^2 + \frac{1}{14} z^2 \ell^4 \right)}, \quad (9)$$

из которого можно найти:

$$\ell = L_{крк} = K \sqrt[3]{\frac{E_k J_k}{q_k}}, \quad (10)$$

где:

$$K = \sqrt[3]{\frac{k \left( 1 + 4z\ell^2 + \frac{36}{5} z^2 \ell^4 \right)}{\left( \frac{1}{3} + \frac{4}{5} z\ell^2 + \frac{4}{7} z^2 \ell^4 \right) + k \left( \frac{1}{12} + \frac{2}{15} z\ell^2 + \frac{1}{14} z^2 \ell^4 \right)}}, \quad (11)$$

$L_{крк}$  — критическая длина (высота) растения при которой возможна потеря устойчивости прямолинейной формы равновесия (изгиб оси стебля) в период начала колошения, собственно колошения, цветения, набора молочно-восковой спелости и полного созревания зерна;  $E_k$  — модуль упругости (модуль Юнга) стебля растения для указанного выше периода роста;  $J_k$  — осевой момент инерции поперечного сечения стебля для указанного выше периода развития;  $q_k$  — вес единицы длины стебля растения для указанного выше периода роста;  $k$  — коэффициент, определяющий долю веса (массы) колоска в общем весе (массе) стебля растения ( $q\ell = kP_k$ );  $P_k$  — вес колоска с зернами;  $z$  — безразмерный коэффициент, значение которого определяется условием минимума коэффициента  $K$  и находится из решения следующего алгебраического квадратного уравнения:

$$\bar{x}^2 \left( \frac{608 + 118k}{175} \right) + \bar{x} \left( \frac{384 + 111k}{105} \right) + \left( \frac{8 + 3k}{15} \right) = 0, \quad (12)$$

( $\bar{x} = z\ell^2$ ) по следующим формулам:

$$\bar{x}_{1,2} = - \left( \frac{35}{42} \right) \left( \frac{384 + 111k}{608 + 118k} \right) \pm \sqrt{\left( \frac{35}{42} \right)^2 \left( \frac{384 + 111k}{608 + 118k} \right)^2 - \left( \frac{3}{3} \right) \left( \frac{8 + 3k}{608 + 118k} \right)} \quad (13)$$

(из двух значений корней используется одно, определяющее наименьшее значение критической длины (высоты) растения).

4. Рассмотрим примеры расчетов. Воспользуемся уже известными данными о физико-механических свойствах стеблей (вес единицы длины стебля, модуль Юнга стебля, вес колоса с зернами и т. д.) из работ [11, 19-22]. В статье Н.И. Щербаковой [11], в частности, приведены опытные данные измерений высоты и диаметров растений озимой пшеницы при применении хлорхолинхлорида (вегетационные опыты) с целью предупреждения полегания стеблей в разные фазы роста. Без обработки хлорхолинхлоридом (контроль) высота растений озимой пшеницы была равна 79,1 см, наружный диаметр стебля составлял  $D = 2,98$  мм = 0,298 см, внутренний диаметр равен  $d = 2,84$  мм = 0,284 см, а толщина стенки равна  $\delta = 0,072$  мм; площадь поперечного сечения стебля равна  $F_n = 81,00 \times 10^{-4}$  см<sup>2</sup> (по формуле (5)) и момент инерции поперечного сечения равен  $J_n = 6734,0 \times 10^{-8}$  см<sup>4</sup> (по формуле (4)). В случае, когда для предупреждения полегания в фазе трубно-





вания использовали хлорохлинхлорид, высота растений равна 68,7 см, наружный диаметр стебля равен  $D = 3,26 \text{ мм} = 0,326 \text{ см}$ , внутренний диаметр равен  $d = 2,84 \text{ мм} = 0,284 \text{ см}$ , а толщина стенки равна  $\delta = 0,083 \text{ мм}$ ; площадь поперечного сечения стебля равна  $F_k = 94,95 \times 10^{-4} \text{ см}^2$  (по формуле (5)) и момент инерции поперечного сечения равен  $J_k = 9345 \times 10^{-8} \text{ см}^4$  (по формуле (4)).

Примем [20, 22], что модуль Юнга растения равен  $E = 4250 \text{ кг/см}^2$ , вес единицы длины стебля равен  $q = 0,0993 \times 10^{-4} \text{ кг/см}$ , вес колоса с зерном равен  $P_k = 0,619 \times 10^{-3} \text{ кг}$ , а отношение веса колоска к общему весу стебля  $k = 1,6$ . Находим значение «критической» длины (высоты) растения для условий «контрольного» опыта (по формуле (8)):

$$L_{\text{крн}} = 2 \sqrt[3]{\frac{4250 \cdot 6734,0 \cdot 10^{-8}}{0,0993 \cdot 10^{-4}}} = 61,3 \text{ см.}$$

Находим вид алгебраического уравнения (12) при  $k = 1,6$ :

$$4,55 x^2 + 5,35 x + 0,85 = 0$$

и его корни по формуле (13)):

$$\bar{x}_1 = -0,190, \quad \bar{x}_2 = -0,986.$$

Определяем значение коэффициента  $K$  по формуле (11) (при  $\bar{x}_1 = -0,190 = z\ell^2$ ):

$$K = \sqrt[3]{\frac{1,6 \left( 1 - 4 \cdot 0,190 + \frac{36}{5} \cdot 0,190^2 \right)}{\left( \frac{1}{3} - \frac{4}{5} \cdot 0,190 + \frac{4}{7} \cdot 0,190^2 \right) + 1,6 \left( \frac{1}{12} - \frac{2}{15} \cdot 0,190 + \frac{1}{14} \cdot 0,190^2 \right)}} = 1,39.$$

По формуле (10) находим значение «критической» длины (высоты) растения для условий, когда в фазе трубкувания применяли хлорохлинхлорид для предупреждения полегания:

$$L_{\text{крк}} = 1,39 \sqrt[3]{\frac{4250 \cdot 9345,0 \cdot 10^{-8}}{0,0993 \cdot 10^{-4}}} = 47,5 \text{ см.}$$

По формуле (6) находим значение «показателя устойчивости»:

$$ПУ = \frac{61,3}{47,5} \sqrt{\left( \frac{9345}{6734} \right) \left( \frac{81,00}{94,95} \right)} = 1,40.$$

Приближенное значение «показателя устойчивости» по формуле (7) равно:

$$ПУ = \frac{61,3}{47,5} = 1,29$$

и отличается от точного значения  $ПУ = 1,40$  менее чем на 10%, что достаточно для практических расчетов.

Расчетами установлено, что значение  $ПУ = 1,4 > 1$  (или  $ПУ = 1,29 > 1$ ) и, следовательно, применение хлорохлинхлорида способствовало повышению устойчивости стеблей озимой пшеницы против полегания, что доказано опытами многих исследователей [7, 8, 11, 12].

В качестве основных выводов по работе можно отметить следующие положения:

- Разработана новая методика оценки устойчивости злаковых растений при полегании. В основу методики положены результаты анализа устойчивости прямолинейной формы равновесия стеблей с учетом совмест-

ного действия внутренних и внешних сил; растения рассматриваются как тяжелые упругие стержни, испытывающие действие сил собственного веса и сосредоточенной сжимающей силы, равной весу колоса.

- Для оценки степени устойчивости растений предложено использовать «показатель устойчивости», численно равный отношению гибкости стебля в период начала кущения и в период начала колошения.
- Рассмотрены примеры расчетов.

## Литература

1. Humphry D. Elements of agricultural chemistry. Philadelphia, B. Warner, Third ed, 1821. 396 p. Pp. 53-55.
2. Liebig J. Chemistry in its applications to agriculture and physiology. London, 1842. 392 p. Pp. 62-213.
3. Swiecicki B. Die Bedeutung der Kieselsäure als Bestandtheil der Pflanzen und ihre Beziehung zum Lagern des Getreides. Berichte aus dem Physiologischen Laboratorium und der Versuchsanstalt der Universität Halle, 1900, vol. 14, st. 66-108.
4. Альтергот В.Ф., Сергеев Л.И. К анатомии полегающих сортов // Труды Комиссии по ирригации. 1934. Вып. 111. С. 99-119.
5. Булгакова З.П. Полегание хлебных злаков // Известия научно-исследовательского института имени Лесгафта. 1937. Т. XX. Вып. 2. С. 69-104.
6. Егоров Д.В. Полегание яровой пшеницы в условиях орошения // Социалистическое зерновое хозяйство. 1938. № 1. С. 84-102.
7. Пасечник А.Д. Методическое пособие по составлению прогноза полегания озимой пшеницы в Нечерноземной зоне ЕТС. М.: Гидрометеиздат, 1978. 11 с.
8. Ляковский М.И. Процессы формирования клеточной оболочки и полегание озимой пшеницы: автореф. дис. ... канд. биолог. наук. Киев, 1968. 29 с.
9. Ильинская-Центилович М.А., Гурьев Б.П. Вопросы оценки устойчивости против полегания в селекции озимой пшеницы // Записки Харьковского сельскохозяйственного института. 1958. Т. XV. С. 69-74.
10. Кириллов Ю.И. Методы оценки устойчивости сортов овса против полегания // Селекция и семеноводство. 1959. № 4. С. 44-50.
11. Щербакова Н.И. Определение коэффициента повышения устойчивости растений к полеганию под влиянием хлорохлинхлорида // Химия в сельском хозяйстве. 1969. № 2. С. 57-60.
12. Дорофеев В.Ф., Пономарев В.И. Проблема полегания пшеницы и пути ее решения. М.: Всесоюзный НИИ информации и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству, 1970. 125 с.
13. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1976. 807 с.
14. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. М.: Гостехтеориздат, 1955. 509 с.
15. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. М.: Наука, 1967. 983 с.
16. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек. М.: Наука, 1971. 808 с.
17. Григулецкий В.Г. К вопросу устойчивости прямолинейной формы равновесия стеблей зерновых культур против полегания. О максимальной высоте (длине) растений, не допускающей стеблевое полегание. Часть 2 // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 5 (371). С. 40-43.
18. Григулецкий В.Г. К вопросу устойчивости прямолинейной формы равновесия стеблей зерновых культур против полегания. Новое решение задачи о максимальной высоте (длине) растений, не допускающей стеблевое полегание. Часть 3 // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 6 (372). С. 4-7.
19. Крагельский И.В. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений, как основание для проектирования сельскохозяйственных машин. М.: ВИСХОМ, 1939.
20. Бурмирова М.Ф., Комолькова Т.К., Клемм Н.В. и др. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений. М.: Госиздат сельскохозяйственной литературы, 1956. 344 с.
21. Александрян В., Тарвердян А. Определение показателя стройности стеля злаковых // Доклады ВАСХНИЛ. 1976. № 10. С. 15-16.
22. Ариничева И.В. Полегание растений: монография. Краснодар: КубГАУ, 2018. 283 с.

Об авторе:

**Григулецкий Владимир Георгиевич**, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой высшей математики, economic@kubsau.ru

## ABOUT DEPOSIT OF CEREAL PLANTS AND METHODS ASSESSMENT OF THE STABILITY OF THEIR STEMS

**V.G. Griguletsky**

Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

A brief description of the existing methods for assessing the stability of the stems of cereal plants is given and a new method is proposed for assessing the stability of equilibrium when lodged. The new methodology is based on the ratio of "flexibility" of the stems in different periods (phases) of plant growth. As a characteristic length (height) of the stem when finding the "flexibility" of the plant, the "critical" stem height at the beginning of tillering, the actual tillering and exit to the tube, and then the "critical"



stem height at the time of the beginning of earing, are used first. actually earing, flowering, a set of milk-wax ripeness and full ripening of grain. If the "initial flexibility" of the plant is greater than the "final flexibility", then with a probability of 83% there will be no stem lodging. If the "final flexibility" of the plant is greater than the "initial flexibility", then with a probability of 83% the stem lodging of the plants will occur. Examples of calculations are considered.

**Keywords:** stability of equilibrium, bending of the stem, critical height of the plant, flexibility of the stem, indicator of resistance, planting.

#### References

1. Humphry D. Elements of agricultural chemistry. Philadelphia, B. Warner, Third ed, 1821. 396 p. Pp. 53-55.
2. Liebig J. Chemistry in its applications to agriculture and physiology. London, 1842. 392 p. Pp. 62-213.
3. Swiecicki B. Die Bedeutung der Kieselsäure als Bestandtheil der Pflanzen und ihre Beziehung zum Lagern des Getreides. Berichte aus dem Physiolo-gischen Laboratorium und der Versuchsanstalt der Universität Halle, 1900, vol. 14, st. 66-108.
4. Altergot V.F., Sergeev L.I. To the anatomy of lodging varieties. *Trudy Komissii po irrigatsii* = Works of the Irrigation Commission. 1934. Issue 111. Pp. 99-119.
5. Bulgakova Z.P. Lodging of cereals. *Izvestiya nauchno-issledovatel'skogo instituta imeni Lesgafa* = Bulletin of the Lesgaf research institute. 1937. Vol. XX. Issue 2. Pp. 69-104.
6. Egorov D.V. Lodging of spring wheat under irrigation. *Sotsialisticheskoe zernovoe khozajstvo* = Socialistic grain farming. 1938. No. 1. Pp. 84-102.
7. Pasechnik A.D. Methodical manual on the forecast of winter wheat field in the Non-chernozem zone of the UTS. Moscow: Gidrometeoizdat, 1978. 11 p.
8. Lyaskovskij M.I. Processes of formation of the cell wall and the fitting of winter wheat. Extended abstract of candidate's thesis. Kiev, 1968. 29 p.
9. Ilinskaya-Tsentilovich M.A., Gurev B.P. Issues of stability assessment against lodging in winter wheat breeding. *Zapiski Harkovskogo selskokhozajstvennogo instituta* = Notes of the Kharkiv agricultural institute. 1958. Vol. XV. Pp. 69-74.
10. Kirillov Yu.I. Methods for assessing the stability of varieties of oats against bedding. *Seleksiya i semenovodstvo* = Selection and seed production. 1959. No. 4. Pp. 44-50.
11. Scherbakova N.I. Determination of the coefficient of increasing the resistance of plants to lodging under the influence of chlorocholine chloride. *Khimiya v selskom khozajstve* = Chemistry in Agriculture. 1969. No. 2. Pp. 57-60.
12. Dorofeev V.F., Ponomarev V.I. The problem of lodging wheat and ways to solve it. Moscow: All-Union research institute of information and technical and economic research on agriculture, 1970. 125 p.
13. Belyaev N.M. Resistance of materials. Moscow: Nauka, 1976. 807 p.
14. Timoshenko S.P. Stability of elastic systems. Moscow: Gostekhizdat, 1955. 509 p.
15. Volmir A.S. Stability of deformable systems. Moscow: Nauka, 1967. 983 p.
16. Timoshenko S.P. Stability of rods, plates and shells. Moscow: Nauka, 1971. 808 p.
17. Griguletskij V.G. On the issue of stability of a rectilinear form of equilibrium of stalks of grain crops against lodging. On the maximum height (length) of plants that does not allow stem lodging. Part 2. *Mezhdunarodnyj selskokhozajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2019. No. 5 (371). Pp. 40-43.
18. Griguletskij V.G. On the stability of the rectilinear form of equilibrium of the stems of grain crops against lodging. A new solution to the problem of the maximum height (length) of plants that does not allow stem lodging. Part 3. *Mezhdunarodnyj selskokhozajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2019. No. 6 (372). Pp. 4-7.
19. Kragelskij I.V. Physical and mechanical properties of agricultural plants, as the basis for the design of agricultural machines. Moscow: VSKHOM, 1939.
20. Burmistrova M.F., Komolkova T.K., Klemm N.V. et al. Physical and mechanical properties of agricultural plants. Moscow: State publishing house of agricultural literature, 1956. 344 p.
21. Aleksandryan V., Tarverdyan A. Determination of the harmony index of the stele of cereals/ Reports of the All-Union agricultural academy. 1976. No. 10. Pp. 15-16.
22. Arinicheva I.V. Lodging of plants. Monograph. Krasnodar: KubSAU, 2018. 283 p.

About the author:

**Vladimir G. Griguletsky**, doctor of technical science, professor, Honored scientist of the Russian Federation, head of the department of higher mathematics, economic@kubsau.ru

economic@kubsau.ru



**РОССИЙСКИЙ  
ЗЕРНОВОЙ СОЮЗ**

## I Агрологистическая конференция «GrainLogistics:New Epoch»

**4 марта 2020 года  
Hilton Garden Inn Москва Красносельская 4\***

**8 (495) 369 44 53  
rzs@grun.ru**



## ПРИМЕНЕНИЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В РАЦИОНАХ И КОМБИКОРМАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ЯКУТИИ

Н.А. Николаева<sup>1</sup>, П.П. Борисова<sup>1</sup>, Н.М. Алексеева<sup>1</sup>, А.В. Чугунов<sup>2</sup>, А.В. Попова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Якутская государственная сельскохозяйственная академия, г. Якутск, Республики Саха (Якутия), Россия

Как показывает практика, крупный рогатый скот, разводимый в республике, не имеет того уровня продуктивности, который соответствует их генетическому потенциалу, основной причиной которой является недостаточное и несбалансированное кормление. В последние годы для нормализации обменных процессов в организме сельскохозяйственных животных большое внимание отводится к применению кормовых добавок, обладающих высокой биологической активностью и усвояемостью. Поэтому, при организации биологически полноценного кормления коров основной проблемой является изыскание дополнительных кормовых средств, балансирующих добавок, обеспечивающих повышение использования питательных веществ рационов в условиях Якутии. Изыскание факторов, способствующих повышению степени реализации наследственного потенциала путем усиления обменных процессов открывает резервные возможности увеличения выхода сельскохозяйственной продукции без увеличения затрат. Поэтому наряду с укреплением кормовой базы, селекции и генной инженерии используются методы совершенствования систем нормированного питания животных с применением местных кормовых добавок — как регуляторов метаболизма, повышающих эффективность использования основного рациона [9]. Немаловажным является их экологичность, отсутствие каких-либо побочных эффектов и признаков привыкания. Целью исследований являлось использование энергонасыщенных кормовых добавок для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Исследования по использованию кормовых добавок проводились лабораторией кормления крупного рогатого скота Якутского НИИСХ на молодняке и дойных коровах симментальской породы в ООО «Хоробут» Мегино-Кангаласского улуса Республики Саха (Якутия). В результате проведенных исследований получены экспериментальные данные по использованию энергонасыщенных кормовых добавок из местных ресурсов, обеспечивающих повышение продуктивности дойных коров и молодняка скота для разработки способов повышения биологической полноценности рационов.

**Ключевые слова:** рацион, энергонасыщенные кормовые добавки, комбикорм, коровы симментальской породы, молодняк.

### Введение

Ввиду хронического дефицита кормов, низкого их качества и несбалансированности рационов по основным питательным веществам животноводство Якутии характеризуется низкими показателями продуктивности и рентабельности. На фермах молочных коров и молодняка скота хозяйств Якутии рационы животных в зимнее время несбалансированные по питательным веществам и, прежде всего, по протеину и сахару, минеральным веществам и каротину [10]. Длительное скармливание кормов низкого качества и несбалансированность рационов по питательным веществам препятствует реализации генетического потенциала молочной продуктивности, снижает воспроизводительную функцию и сокращает сроки хозяйственного использования скота. Животные не реализуют свой генетический потенциал продуктивности, не случайно удой коров симментальской породы в хозяйствах республики не превышает 1800 кг в год, а генетический потенциал по удою находится в пределах 3500 кг, т.е. наследственные задатки продуктивности реализуются лишь на 50%. Непременным условием достижения намеченного уровня продуктивности скота является разработка эффективных способов повышения биологической полноценности их питания. [7].

Фактический уровень кормления местного скота в республике представлен в табл. 1.

Как видно из приведенной таблицы, фактическая обеспеченность кормами дойных коров в хозяйствах республики составляет всего лишь 78,8% от потребности (разница 5,3 ОКЕ). Несомненно, такой уровень кормления коров отражается на молочной продуктивности животных. Причиной низкой продуктивности молочного скота в республике является низкая кормооб-

спеченность. По зоотехническим нормам, чтобы надаивать в год 2000-3000 кг молока, необходимо обеспечивать их 25-30 ц кормовыми единицами, фактически обеспечиваем в среднем 19-20 ц кормовыми единицами.

В республике концентраты, при условии неполной обеспеченности ими по существующим нормам, занимают примерно 25% по питательности в общей структуре выделяемых для общественного животноводства кормов. Такой уровень концентрированных кормов не обеспечивает достаточного роста продуктивности молочного скота. Через комбикорма наиболее удобно регулировать полноценность кормления животных по недостающим в рационах основным питательным веществам — протеину, витаминам, минеральным веществам и др..

В настоящее время разрабатываются приемы и способы повышения биологической полноценности рационов с применением кормовых добавок из местных ресурсов. Проводятся научные исследования по использованию в рационах животных энергонасыщенных кормов,

витаминно-минеральных добавок и препаратов для восполнения питательной ценности кормов, улучшения обменных процессов в организме и повышения продуктивности.

Учеными Якутского НИИСХ разработан целый ряд инновационных пробиотических препаратов на основе биологически активных, уникальных местных природных штаммов бактерий *Bacillus subtilis*, таких как «Сахабактисубтил», «Норд-Бакт», «Хонгуринобакт» и другие. Одним из вариантов улучшения усвоения и переваривания пивной дробины является введение в рацион животных местного пробиотического препарата «Сахабактисубтил», обладающего комплексом ферментативных активностей, способствующей повышению иммунобиологической реактивности организма [6].

Включение в состав рациона сухой пивной дробины и пробиотика «Сахабактисубтил» обеспечило питательность рациона 12,5 ЭКЕ, переваримого протеина 1505,5 г на одну голову. Сухая пивная дробина — отход пивоваренного производства, источник комплекса веществ

Таблица 1

Фактический расход кормов и его питательность  
(живая масса коров 400-450 кг, годовой удой 1600-1800 кг)

Корма	В сутки на одну голову, кг	Расход кормов, ц	Кормовая единица	Переваримый протеин, кг
Сено	6,0	14,4	6,0	66,2
Силос	10,0	15,0	2,5	23,5
Трава пастбищная	27,0	33,7	5,7	67,4
Комбикорм	1,5	5,4	5,5	58,9
Фактически дано:	-	-	19,7	216,0
По норме, ц	-	-	25,0	245,0
Обеспеченность, %	-	-	78,8	88,1



с пищевой ценностью и биологической активностью, используется в качестве дополнительного источника протеина в рационах сельскохозяйственных животных. В составе сухой пивной дробины содержится 21,7% протеина, из которого 17% — переваримого. В протеине сухой пивной дробины имеется больше аминокислоты лизина, чем в других сухих кормах этой категории. Питательность 1 кг сухой пивной дробины составляет 0,75 кормовых единиц, 169 г переваримого протеина, 3 г кальция и 6,6 г фосфора.

При этом комбикорма являются наиболее эффективным способом использования пивной дробины. Для молочных коров норма включения сухой пивной дробины в комбикорма до 15%. Исследованиями установлено, что включение в рацион животных сухой пивной дробины не привело к каким-либо отклонениям в здоровье животных, позволило сэкономить на комбикормах и способствовало снижению затрат на производство молока.

За счет использования в кормлении молочных коров сочетания пивной дробины и пробиотика, сырое сухое вещество, протеин и жир переваривались полнее, что связано с относительным увеличением содержания этих компонентов в рационах и повышением их доступности в организме животных. Высокий уровень переваримости коровами опытной группы по сравнению с контрольной, 1-й и 2-й опытных групп установлен в отношении сырого протеина на 7,4%, 2,9% и 6,8%; сырого жира на 6,7%, 3,6% и 3,8% и БЭВ на 1,3%, 0,5% и 2,3%, соответственно. Обогащение сухой пивной дробины пробиотиком «Сахабактисубтил» позволило повысить молочную продуктивность у коров 3-й опытной группы на 10% и составила 2112,0 кг молока. Содержание белка за лактацию у коров 3-й опытной группы было достоверно выше контроля на 0,15% (P>0,99) и жира на 0,29% (P>0,95).

Следовательно, проведенные исследования показали, что при применении сухой пивной дробины и пробиотического препарата «Сахабактисубтил», в соответствии с физиологическими особенностями животного определенного вида и возраста, заметно повысились переваримость питательных веществ рационов и молочная продуктивность дойных коров.

Повышение продуктивности животных — одна из приоритетных проблем зоотехнической науки, решить которую возможно путем повышения уровня питания и полноценности рационов.

Перспективным направлением улучшения полноценности рационов является включение в их состав остатков пищевых производств, в частности зерновой патоки. Сахара являются питательными веществами не только для животного, но и для микроорганизмов, населяющих преджелудки жвачных животных и используются ими при синтезе бактериального белка.

Хорошей углеводистой добавкой к рациону дойных коров и молодняка считается зерновая патока, также — это хорошее средство для сдобривания грубых и концентрированных кормов (особенно полезна при сдобривании жесткого корма в зимний период). В одном кг патоки содержится 0,7-0,9 кормовых единиц, порядка 540 г сахара, 60 г переваримого протеина, 3,2 г кальция, 0,2 г фосфора и др. Скармливание патокой в рационах дойных коров уже через 5-10 дней приводит к увеличению ежедневных удоев на 8-12%, даже в условиях сбалансированных рационов, позволяет улучшить переваримость сухого вещества на 3,5%, ор-

ганического — на 2,5%, сырого протеина — на 1,2%. Патока обладает высокой питательной ценностью, улучшает вкусовые качества кормов, повышая их поедаемость, легко усваивается животными, покрывает потребности организма животных в сахарах. Единственный корм растительного происхождения, который в своем химическом составе не содержит клетчатки. В патоке присутствуют кальций, фосфор, калий, натрий, кремний и другие элементы, но важным микроэлементом является кобальт (0,59 мг\кг), недостаток которого в кормах вызывает тяжелое заболевание жвачных животных.

Исследования по использованию зерновой патоки в рационах коров разного генотипа (чистопородной симментальской породы, симментало-австрийской селекции, симментало-голландской помеси) не оказали отрицательного влияния на обменные процессы и способствовали повышению молочной продуктивности, при этом удой у коров 1-й опытной группы (симментало-австрийской селекции) за лактацию составил 2156 кг молока, что больше на 441 кг или на 25,7%, чем у коров контрольной и на 294 кг или на 15,7% выше, чем у коров 2-й опытной групп (табл. 2).

Таким образом, полноценное кормление коров разного генотипа с использованием зерновой патоки обеспечило получение высокой молочной продуктивности в последующем. Скармливание коровам сена разнотравного 8,0 кг, сенажа овсяного 12,0 кг, комбикорма местного 2,0 кг, зерновой патоки 2,0 кг обеспечило питательность рациона, равную 11,5 ЭКЕ и переваримого протеина 890,6 г в сутки на одну голову. Соотношение питательных веществ соответствовало физиологической норме.

В настоящее время для повышения полноценности рационов животных применяются различные кормовые и минеральные добавки. Одной из них является углеводно-витаминно-минеральной кормовой концентрат УВМКК «Фелуцен» (энергетический шок). «Фелуцен» К 1-2 (энергетический шок) — это комплексный высокоэнергетический кормовой концентрат в дополнении к основному рациону крупного рогатого скота, в состав которого входят питательные вещества, легкоусвояемые углеводы, макро-микроэлементы, витамины и другие жизненно необходимые биологически активные вещества. Композиционное сочетание питательных веществ, входящих в состав, их тесная взаимосвязь в обмене веществ организма, позволяет применять добавку круглый год для улучшения здоровья животного, увеличения продуктивности, способствует повышению энергетики рациона. Ценность УВМКК

«Фелуцен» состоит в том, что он балансирует основную рацион по 26 показателям. Это позволяет увеличить усвоение питательных веществ рациона, экономнее использовать корм, повысить жизненный тонус и продуктивность животного. Кроме того, комплекс минеральных элементов, витаминов и сахаров способствует повышению переваримости и усвоению питательных веществ основного корма. В результате проведенных исследований получены экспериментальные данные по изучению влияния использования энерго-протеиново-минеральных кормовых добавок, позволяющих повысить молочную продуктивность на 8,5% и снижение затрат на производство молока на 5,3% [7].

Предлагаемые к разработке кормовые продукты в качестве биодобавки к основному корму представляют собой экологически чистые продукты, обладающие рядом преимуществ, среди которых выделяется: способность к стимуляции процессов метаболизма в организме животных, возможность повышения естественной резистентности к различным заболеваниям, участие в коррекции иммунитета, что может отражаться на повышении продуктивности животных и качества животноводческой продукции [2].

Одним из таких кормов является травяная мука-щирца, источник витаминов и энергии, произрастающая в климатических условиях Якутии, в качестве сырья для получения кормовых продуктов, содержащих биологически активные комплексы. Возможна продажа травяной муки комбикормовым заводам — они с удовольствием используют их в составе комбикормов. Высокую питательную ценность имеют искусственно высушенные корма, и в частности, травяная мука. В высушенной муке содержится такое же количество протеина, что и в исходной зеленой массе, набор аминокислот в корме не изменяется. Высокая питательная ценность травяной муки (в 1 кг содержится 0,57-0,84 энергетических кормовых единиц и более 180 мг каротина) обеспечивает наибольший выход кормовых единиц, протеина и витаминов [3].

Изучение оптимизации в рационе дойных коров симментальской породы на основе включения кормовых добавок из местного сырья показало, что самые высокие удои были получены у коров 1-й опытной группы, получавших в рационе пивную дробину в количестве 2,5 кг и местный комбикорм, обогащенный травяной мукой-щирцей (в количестве 200 г в сутки на одну голову) — 2,0 кг, при этом, молочная продуктивность за 214 дней лактации коров составила по группам: 1733,4; 1861,8; 1819,0 кг соответственно (табл. 3).

Таблица 2

Молочная продуктивность коров разного генотипа

Показатель	Группа		
	контрольная (чистопородная симментальская порода)	1-я опытная (симментало-австрийской селекции)	2-я опытная (симментало-голландские помеси)
Удой за лактацию, кг	1715,0±52,03	2156,0±61,08	1862,0±54,06
Среднесуточный удой, кг	7,0±0,36	8,8±0,49	7,6±0,42
Содержание жира в молоке, %	4,08±0,25	4,69±0,36	4,01±0,21
Количество молочного жира, кг	69,9	101,1	74,6
Содержание белка в молоке, %	3,83±0,35	3,87±0,39	3,86±0,26
Количество молочного белка, %	65,7	83,4	71,8
Удой в перерасчете на 4% жирности, кг	1749,3±19,3	2527,9±48,4	1866,6±26,7
Удой молока базисной жирности, кг	2058,0	2974,0	2196,0



Таблица 3

Показатели молочной продуктивности коров симментальской породы

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Удой за 214 дней лактации, кг	1733,4±52,03	1861,8±61,08	1819,0±54,06
Среднесуточный удой, кг	8,1±0,36	8,7±0,49	8,5±0,42
Содержание жира в молоке, %	3,7±0,25	4,0±0,36	3,8±0,21
Количество молочного жира, кг	64,1±2,3	74,5±3,0	69,1±1,78
Содержание белка в молоке, %	3,12±0,35	3,22±0,39	3,19±0,26
Количество молочного белка, %	54,1±1,02	59,9±1,98	58,0±0,85
Удой в перерасчете на 4% жирности, кг	1603,4±19,3	1861,8±48,4	1728,0±26,7
Удой молока базисной жирности, кг	1886,3±6,36	2190,3±44,17	2033,0±19,59

Разница недостоверная (\*\* $P < 0,99$ ; \* $P < 95$ )

У коров 1-й опытной группы продуктивность была больше на 7,4%, чем в контрольной (\*\* $P < 0,99$ ) и на 2,4% (\* $P < 95$ ), чем во 2-й опытной группах. Следует отметить, что использование в рационе пивной дробины и местного комбикорма, обогащенного травяной мукой-ширицей положительно повлияло на молочную продуктивность и увеличило жирность молока дойных коров.

Природные цеолиты являются новым видом минерального сырья, в последнее время стали активно внедряться в различные отрасли промышленности, сельского хозяйства, медицины, экологии. В Якутии первое цеолитовое месторождение было открыто в 1978 году геологами Якутского института геологических наук СО РАН. Природный цеолит Хонгуринского месторождения Сунтарского улуса не содержит тяжелых металлов, радиоактивных веществ, о чем указано в сертификате, выданным республиканским центром Госсанэпиднадзора (от 05.10.1993-2012 г.) [9].

В состав включены более 45 элементов, в который входят, собственно, цеолитовые глины, шпаты, сульфиды, гипс и другие минеральные примеси. Такой сложный компонент определяет в них адсорбционные, каталитические, антиоксидантные свойства данного сырья [5].

Продуктивный эффект местных минеральных добавок, таких как хонгурин, обусловлен его регулирующим влиянием на интенсивность процессов переваривания и использование питательных веществ кормов (особенно минерального состава), что в свою очередь обеспе-

чивает повышение продуктивности, сохранение иммунитета и воспроизводительной способности животных.

Результаты исследований по использованию энергонасыщенных кормов, кормовых добавок, на основе пивной дробины сухой, цеолита-хонгурина, минерально-витаминной добавки «Здравур Му-Му» и пробиотика «Сахабактисубтил» в рационе молодняка симментальской породы позволили получить дополнительный прирост на одну голову за период опыта в 1-й опытной группе 4,2 кг, во 2-й опытной — 5,7 кг, по отношению к контрольной группе. Экономически более эффективной при выращивании молодняка в стойловый период оказалась II-опытная группа телок, получившая в рационе комбикорм, обогащенный цеолитом-хонгуринном из расчета 1% сухого вещества и пробиотиком «Сахабактисубтил» (в количестве 10 мл в сутки на одну голову). При этом затраты кормов на 1 кг прироста составили: 7,5 кормовых единиц — в контрольной, 7,1 кормовых единиц — в 1-й опытной и 6,9 кормовых единиц — во 2-й опытной группах. Уровень рентабельности по группам составил: 10,9%, 12,2% и 14,6%.

Таким образом, исследованиями установлено, что более эффективным является введение в рационы молодняка комбикорма, обогащенного цеолитом-хонгуринном (в количестве 18 г в сутки на одну голову) и препаратом «Сахабактисубтил» (в количестве 10 мл в сутки на одну голову).

В результате проведенных исследований получены экспериментальные данные по исполь-

зованию энергонасыщенных кормовых добавок из местных ресурсов, обеспечивающих повышение продуктивности дойных коров и молодняка скота, для разработки способов повышения биологической полноценности рационов.

### Литература

1. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. 3-е изд., переработанное и дополненное. М.: ПАСХН, 2003. 456 с.
2. Краснощекова Т.А., Кочегаров С.Н. Использование балансирующих кормовых добавок в рационе крупного рогатого скота // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2012. № 10. С. 61-68.
3. Костомарин Н., Иванов А. Качество травяной муки и эффективность использования в кормлении животных // Главный зоотехник. 2013. № 8. С. 3-10.
4. Кузьмина И.Ю. Кормовые добавки для молодняка крупного рогатого скота в условиях Магаданской области // Фундаментальные и прикладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов: материалы конференции, посвященной 120-летию М.Ф. Томма (14-16 июня, 2016 г.), п. Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста. 2016. С. 129-134.
5. Неустроев М.П., Третьяков И.С., Сазонов Н.Н. Природные цеолиты хонгуринского месторождения в животноводстве и ветеринарии // Российская академия сельскохозяйственных наук, Якутское НИИ сельского хозяйства. Якутск. 2008. 148 с.
6. Неустроев М.П., Тарабукина Н.П., Федорова М.П. Пробиотики из штаммов бактерий *Bacillus subtilis* в сельском хозяйстве Якутии // Российская академия сельскохозяйственных наук, Якутское НИИ сельского хозяйства. Якутск. 2010. 10 с.
7. Николаева Н.А. Использование кормовых добавок в кормлении молочных коров // Роль науки в инновационном развитии племенного животноводства Республики Саха (Якутия): материалы научно-практической конференции и семинара-совещания, посвященного 100-летию со дня рождения Г.П. Коротова, доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного зоотехника ЯАССР, первого директора ЯНИИСХ. г. Якутск 27-28 марта 2013. С. 89-93.
8. Усков Г.Е. Белково-витаминно-минеральные добавки в кормлении крупного рогатого скота // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2014. № 9. С. 34-39.
9. Черноградская Н.М. Кормление молочного скота и выращивание ремонтных телок в условиях Якутии // Рекомендации. Якутск. 2012. 43 с.
10. Nikolaeva N.A., Pankratov V.V., Chernogradskaya N.M., Grigoriev M.F. The Use of Feed Additives in the Diet of Cows and Young Cattle in Yakutia // Biosciences Biotechnology Research Asia. August. 2015. Vol. 12(2). 1651-1657 p.

Об авторах:

**Николаева Наталья Афанасьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и разведения крупного рогатого скота, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1168-2054>, Researcher ID: J-6640-20180, natanik\_69@mail.ru

**Борисова Парасковья Прокопьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и разведения крупного рогатого скота, Sulusovna@mail.ru

**Алексеева Ньургустана Михайловна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и разведения крупного рогатого скота, agronii71@mail.ru

**Чугунов Афанасий Васильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общая зоотехния агротехнологического факультета, usaa.ykt@gmail.com

**Попова Акулина Васильевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общая зоотехния агротехнологического факультета, usaa.ykt@gmail.com

## APPLICATION OF FEED ADDITIVES IN RATIONS AND COMPOUND FEEDS OF CATTLE IN YAKUTIA

N.A. Nikolaeva<sup>1</sup>, P.P. Borisova<sup>1</sup>, N.M. Alekseeva<sup>1</sup>, A.V. Chugunov<sup>2</sup>, A.V. Popova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture — Division of Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Yakutsk, The Sakha (Yakutia) Republic, Russia

<sup>2</sup> Federal state budgetary educational institution of higher education «Yakut state agricultural academy», Yakutsk, The Sakha (Yakutia) Republic, Russia

As practice shows, cattle bred in the republic do not have the level of productivity that corresponds to their genetic potential, the main reason for which is insufficient and unbalanced feeding. In recent years, for the normalization of metabolic processes in the body of farm animals, much attention has been devoted to the use of feed additives with high biological activity and digestibility. Therefore, when organizing biologically complete feeding of cows, the main problem



is the search for additional fodder, balancing additives that increase the use of nutrients in diets in Yakutia. The study of factors contributing to an increase in the degree of realization of hereditary potential by strengthening metabolic processes opens up reserve opportunities for increasing the output of agricultural products without increasing costs. Therefore, along with strengthening the feed base, breeding and genetic engineering, methods are used to improve the systems of normalized nutrition of animals using local feed additives — as metabolic regulators that increase the efficiency of the use of the main diet. Equally important is their environmental friendliness, the absence of any side effects and signs of addiction. The aim of the study was to use energy-rich feed additives to increase the productivity of farm animals. Studies on the use of feed additives were carried out by the laboratory for feeding cattle of the Yakutsk Research Institute of Agriculture on young and dairy cows of Simmental breed in OLS "Horobut" of the Megino-Kangalassky ulus of the Republic of Sakha (Yakutia). As a result of the research, experimental data were obtained on the use of energy-saturated feed additives from local resources that provide increased productivity of dairy cows and young cattle to develop ways to increase the biological usefulness of diets.

**Keywords:** diet, energy-rich feed additives, animal feed, simmental cows, young animals.

## References

1. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V. and others. Norms and diets for feeding farm animals: a reference guide 3rd ed., revised and add. — Moscow: RAAS, 2003. 456 p.
2. Krasnoshchekova T.A., Kochegarov S.N. The use of balancing feed additives in the diet of cattle. *Kormlenie sel'skhozajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo* = Feeding farm animals and feed production. 2012. № 10. Pp. 61-68.
3. Kostomakhin N., Ivanov A. The quality of grass meal and the efficiency of use in feeding animals. *Glavnyy zootekhnik* = Chief zootechnician. 2013. № 8. Pp. 3-10.
4. Kuzmina I.Y. Feed additives for young cattle in the conditions of the Magadan region. Fundamental and applied aspects of the feeding of farm animals and fodder technology: materials of conference, dedicated to the 120th anniversary of M.F. Tomme (June 14-16, 2016 p.) Dubrovitsy: VIZH them L.K. Ernst. 2016. Pp. 129-134.

5. Neustroev M.P., Tretyakov I.S., Sazonov N.N. Natural zeolites from the Khongur field in animal and veterinary medicine. Russian Academy of agricultural Sciences, Yakut research Institute of agriculture. Yakutsk. 2008. 148 p.

6. Neustroev M.P., Tarabukina N.P., Fedorova M.P. Probiotics from bacterial strains *Bacillus subtilis* in agriculture of Yakutia. Russian Academy of agricultural Sciences, Yakut research Institute of agriculture. Yakutsk. 2010. 10 p.

7. Nikolaeva N.A. The use of feed additives in the feeding of dairy cows. The role of science in the innovative development of livestock breeding of the Republic of Sakha (Yakutia): Mater. scientific-practical conference and seminar-meeting is dedicated to 100th anniversary of the birth. G.P. Korotov, Dr. S.-H. Sciences, merit animal science of YASSR, the first director of the YANIISH. Yakutsk. March 27-28, 2013. Pp. 89-93.

8. Uskov G.E., Kostyleva A.P. Protein-vitamin and mineral supplements in cattle feeding. *Kormlenie sel'skhozajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo* = Feeding of farm animals and fodder production. 2014. № 9. Pp. 34-39.

9. Chernogradskaya N.M. Feeding dairy cattle and growing repair heifers in the conditions of Yakutia. Recommendations. Yakutsk. 2012. 43 p.

10. Nikolaeva N.A., Pankratov V.V., Chernogradskaya N.M., Grigoriev M.F. The use of feed additives in the diet of cows and young cattle in Yakutia. Biosciences Biotechnology Research Asia. August. 2015. Vol. 12(2) 1651-1657 p.

11. Uskov G.E., Kostyleva A.P. Protein-vitamin and mineral supplements in cattle feeding. *Kormlenie sel'skhozajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo* = Feeding of farm animals and fodder production. 2014. № 9. Pp. 34-39.

12. Nikolaeva N.A., Pankratov V.V., Chernogradskaya N.M., Grigoriev M.F. The use of feed additives in the diet of cows and young cattle in Yakutia. Biosciences Biotechnology Research Asia. August. 2015. Vol. 12(2) 1651-1657 p.

## About the authors:

**Natalia A. Nikolaeva**, candidate of agricultural sciences, leading researcher laboratory of cattle breeding and breeding, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1168-2054>, Researcher ID: J-6640-20180, [natanik\\_69@mail.ru](mailto:natanik_69@mail.ru)

**Paraskovya P. Borisova**, candidate of agricultural sciences, senior researcher laboratory of cattle breeding and breeding, [Sulusovna@mail.ru](mailto:Sulusovna@mail.ru)

**Nyurgustana M. Alekseeva**, candidate of agricultural sciences, senior researcher laboratory of cattle breeding and breeding, [agronii71@mail.ru](mailto:agronii71@mail.ru)

**Afanasy V. Chugunov**, doctor of agricultural sciences, professor of the department of general zootechnics agrotechnological faculty, [ysaa.ykt@gmail.com](mailto:ysaa.ykt@gmail.com)

**Akulina V. Popova**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of general zootechnics of the agrotechnological faculty, [ysaa.ykt@gmail.com](mailto:ysaa.ykt@gmail.com)

[natanik\\_69@mail.ru](mailto:natanik_69@mail.ru)

# КОНГРЕСС И ВЫСТАВКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПРИМЕНЕНИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ И КОТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ (биобутанол, биоэтанол, бионефть, пеллеты, брикеты и другие биотоплива)

## Би масса

### ТОПЛИВО И ЭНЕРГИЯ

Конгресс & экспо

## 15-16 апреля 2020

Отель Холидей Инн Лесная, Москва

+7 (495) 585-5167  
[congress@biotoplivo.ru](mailto:congress@biotoplivo.ru)  
[www.biotoplivo.com](http://www.biotoplivo.com)

**Темы конгресса:**

- Состояние отрасли: развитие технологий и рынка первого и второго поколения биотоплив
- Биозаводы (biorefinery): компоновка, производимые продукты, экономика, капитальные вложения
- Гранты и другие финансовые возможности для разработки технологий биотоплива
- Конверсия заводов пищевого спирта на производство биотоплива
- Целлюлозный биобутанол: технологии производства и возможность коммерциализации
- Топливный биоэтанол, бутанол и другие транспортные биотоплива
- Пиролиз и газификация: бионефть и сингаз
- Биодизель и биокеросин. Биотоплива для авиации
- Твердые биотоплива: пеллеты и брикеты
- Другие вопросы биотопливной отрасли

Российская  
Биотопливная  
Ассоциация™

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ БОРНОЙ КИСЛОТЫ В МОНОЭТАНОЛАМИНЕ, ГЛИЦЕРИНЕ И ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕ В КАЧЕСТВЕ БОРСОДЕРЖАЩИХ МИКРОУДОБРЕНИЙ. ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

Работа выполнена в рамках государственных заданий Института металлоорганической химии и Нижегородского НИИСХ — филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (регистрационные номера темы: № 0094-2016-0012, № 0528-2019-0100), поддержана Российской академией наук, Программа № 35 Президиума РАН «Научные основы создания новых функциональных материалов». При выполнении работы использовались приборы Аналитического центра Института металлоорганической химии РАН

**Н.А. Кодочилова<sup>1</sup>, А.О. Иваненкова<sup>1</sup>, Е.Ю. Гейгер<sup>2</sup>,  
В.В. Семенов<sup>3</sup>, Б.И. Петров<sup>3</sup>, Н.М. Лазарев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», Нижегородская область

<sup>2</sup>Нижегородский филиал ФГАОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)», г. Нижний Новгород

<sup>3</sup>ФГБНУ «Институт металлоорганической химии имени Г.А. Разуваева Российской академии наук», г. Нижний Новгород, Россия

В статье представлены результаты исследований Института металлоорганической химии имени Г.А. Разуваева Российской академии наук (г. Нижний Новгород) по подбору условий растворения и нахождения оптимальных концентраций борной кислоты в органических жидкостях (моноэтаноламин, глицерине и этиленгликоле), позволяющих получать маловязкие растворы с концентрацией, многократно превышающей максимально достижимую концентрацию в воде и не выделяющих осадков при хранении. Определение плотности растворов проводили с помощью ареометров общего назначения, а показатели преломления определяли с помощью рефрактометра. Цель получения исследуемых растворов борной кислоты заключалась в дальнейшем использовании их в качестве микроудобрений для некорневой подкормки клевера лугового и выявления влияния данных растворов на урожайность и химический состав зеленой массы культуры. Агрохимические исследования проводились в рамках полевого опыта на базе Нижегородского НИИСХ — филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока на светло-серой лесной среднесуглинистой почве, обладающей слабोकислой реакцией среды, низким содержанием гумуса, высокой степенью обеспеченности подвижным фосфором и средней — подвижным калием. Некорневая подкормка клевера лугового в фазе бутонизации хелатной формой борной кислоты показала, что максимальная урожайность зеленой массы культуры достигнута при использовании в качестве растворителя глицерина (17,0 т/га). Наиболее высокой массой головок клевера отличался вариант с обработкой культуры хелатом бора, полученным разбавлением водой раствора борной кислоты в моноэтаноламин — 3,52 т/га. Максимальное количество азота и фосфора в зеленой массе клевера лугового наблюдается при использовании глицерина в качестве первичного растворителя (1,96 и 0,22% соответственно), по содержанию калия выделяется вариант с применением борной кислоты в моноэтаноламин (1,54%).

**Ключевые слова:** борная кислота, моноэтаноламин, глицерин, этиленгликоль, клевер луговой, урожайность, химический состав.

## Введение

Из пяти основных микроэлементов (бор, марганец, цинк, медь, кобальт), необходимых для питания растений, наибольшие трудности при разработке и производстве микроудобрений вызывает бор. Товарная форма их обычно представляет собой близкий к насыщенному водный раствор солей. Растворимость сульфатов марганца, цинка, меди и кобальта составляет соответственно 64,0, 53,8, 20,7, 36,2 г в 100 мл при 20°C [1]. Из двух выпускаемых промышленными предприятиями в больших количествах соединений бора — борной кислоты и буры (тетрабората натрия) — наибольшей растворимостью (4,87 г в 100 мл при 20°C) [1] обладает борная кислота. Однако она в несколько раз меньше по сравнению с сульфатами металлов.

Соизмеримые с перечисленными металлами количества бора невозможно внести в водный

раствор. Перед использованием в полевых условиях крепкие растворы многократно разбавляют водой. Добавление в раствор недостающего количества бора посредством высыпания порошкообразной борной кислоты представляется неудобным из-за пыления, медленного растворения и необходимости интенсивного перемешивания. Альтернативными препаратами могли бы служить жидкие быстрорастворимые формы соединений бора [2, 3] с существенно большей концентрацией по сравнению с водным раствором.

В настоящей работе в качестве таковых предлагается использовать бораты моноэтаноламина [4-8], глицерина [9-16] и этиленгликоля [17-19]. Борная кислота растворяется в них намного лучше, чем в воде. Получающиеся соединения имеют хелатное строение. Их можно получить в виде маловязких жидкостей, устойчивых на

воздухе и быстро смешивающихся с большим количеством воды с образованием прозрачных растворов.

2-Аминоэтанол  $H_2NCH_2CH_2OH$ , глицерин  $CH_2OHCH_2OHCH_2OH$  и этиленгликоль  $CH_2OHCH_2OH$  представляют собой крупнотоннажные продукты химической промышленности. В последние годы стоимость глицерина существенно снизилась из-за крупномасштабного производства биодизеля [20].

Бораты 2-аминоэтанола, глицерина и этиленгликоля предложено использовать в медицине и ветеринарии [9, 10], в качестве ионных [11] жидкостей, электролитов в электролитических конденсаторах [12, 17], антипиренов [16], в производстве композиционных полимерных материалов [6] и порошков карбида [8, 13, 14] и нитрида [8, 15] бора. Физико-химические свойства боратов исследованы в работах [11, 18, 19].



### Цель работы

С точки зрения химии, цель работы состояла в нахождении оптимальных концентраций борной кислоты в органических жидкостях, обеспечивающих устойчивость при хранении (отсутствие выпадения осадка) и вязкость, позволяющую быстрое выливание препарата в водный раствор. Агрехимическое направление заключалось в выяснении влияния используемых растворов борной кислоты в органических растворителях на урожайность и химический состав зеленой массы клевера лугового.

### Методы исследования

Определение плотности растворов проводили с помощью набора ареометров общего назначения ИСП.А1, ТУ 25-11-1363-77 завода «Химлабприбор» ПО «Термоприбор». Показатели преломления измеряли на рефрактометре УРЛ. Использовали борную кислоту ГОСТ 9656-75 (АО «Химреактив», Нижний Новгород), моноэтаноламин ТУ 2632-094-444931 79-04 (ЭКОС-1), глицерин ГОСТ 6259-75, этиленгликоль ГОСТ 10164-75 (ЭКОС-1).

*Раствор борной кислоты в моноэтаноламин.* Борную кислоту 185,0 г (2,99 моль) присыпали порциями к 511,0 г (500 мл, 8,36 моль) моноэтаноламина при перемешивании и нагревании в круглодонной колбе. При достижении температуры 75°C наступило полное растворение суспензии борной кислоты. Объем прозрачного бесцветного раствора составил 600 мл, с 25,6% (4,98 моль/л),  $d_4^{20}$  1,161 г·мл<sup>-1</sup>,  $n_D^{20}$  1,4660. Смешивание с 3,2 л воды привело к быстрому образованию прозрачного водно-моноэтаноламинного раствора с концентрацией борной кислоты 48,7 г·л<sup>-1</sup>.

*Раствор борной кислоты в глицерине.* Аналогично из 169,2 г (2,74 моль) борной кислоты и 752,0 г (597 мл, 8,17 моль) глицерина в химическом стакане получено 650 мл раствора, с 20,4% (4,21 моль/л),  $d_4^{20}$  1,276 г·мл<sup>-1</sup>,  $n_D^{20}$  1,4626. Потери массы за счет удаления воды — 91,8 г.

*Раствор борной кислоты в этиленгликоле.* Аналогично из 140,6 г (2,27 моль) борной кислоты и 577,8 г (518 мл, 9,31 моль) этиленгликоля получено 640 мл раствора, с 19,5% (3,55 моль/л),  $d_4^{20}$  1,122 г·мл<sup>-1</sup>,  $n_D^{20}$  1,4274.

Агрехимические исследования проводили в рамках полевого опыта на базе Нижегородского НИИСХ — филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока на светло-серой лесной среднесуглинистой почве на лессовидном суглинке в 2018 г. Почва слабокислая, с низким содержанием гумуса, высокой степенью обеспеченности подвижным фосфором и средней — подвижным калием. Опыт заложен по схеме, представленной в таблице 1, общий размер делянки — 50 м<sup>2</sup>, повторность опыта — двукратная, опытная культура — клевер луговой (второго года жизни и первого года пользования). Изучено действие борной кислоты в различных растворителях: вода, глицерин, этиленгликоль и моноэтаноламин (МЭА).

Некорневую подкормку растений проводили в фазе бутонизации. Количество растворов для обработки определяли с учетом средних доз микроудобрений для полевых культур, в частности для бора — 50 г/га в расчете на действующее вещество. Для учета структуры урожая растения отбирали в фазе полного созревания семян с 1 м<sup>2</sup>, полученные результаты математически обработаны методом дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

### Результаты и обсуждение

Соединения борной кислоты с 1,2-гликолями  $[B(OCH_2CH_2O)_2]^-H^+$  имеют хелатное строение и легко образуются [2] при внесении борной кислоты в водные растворы гидроксильных органических соединений. Кислотность такого рода системы возрастает относительно слабой борной кислоты. Индивидуальные чистые соединения получают, удаляя образующуюся воду из реакционной смеси гликоля с борной кислотой. Обычно они представляют собой твердые кристаллические или вязкие смолообразные продукты. Система борная кислота-моноэтаноламин, по данным [4, 5], представляет собой кристаллический триортоборатмоноэтаноламин  $Zn_3BO_3 \cdot NH_2CH_2CH_2OH$ .

Для использования в качестве жидких микроудобрений следовало подобрать условия растворения борной кислоты в МЭА, глицерине и этиленгликоле, позволяющие получать устойчивые маловязкие растворы, не выделяющие при хранении осадков. В лабораторных условиях растворы получали присыпанием тонкоразмолотой борной кислоты при перемешивании и нагревании (50-75°C) в органическом жидкостях в колбе или химическом стакане. В последнем случае некоторая часть выделяющейся в реакции воды удалялась, что было установлено взвешиванием стакана с исходными и конечным продуктами. Повышение температуры и длительное нагревание приводило к увеличению вязкости, особенно заметной в случае глицерина. Подробности приготовления растворов изложены в разделе «Методы исследования».

Оценивая влияние некорневой подкормки борной кислотой (табл. 1) на урожайность зеленой массы клевера лугового, можно отметить, что существенные изменения отмечаются в 3 (раствор в глицерине) и 5 (раствор в этиленгликоле) вариантах опыта. Максимальное значение анализируемого показателя наблюдается при обработке клевера лугового раствором борной кислоты в глицерине — 17,0 т/га, что в 1,4 раза выше значения в контрольном варианте (12,0 т/га).

Анализируя прибавку массы головок клевера лугового от некорневой подкормки борной

кислотой, можно отметить значительные изменения показателя по всем вариантам опыта, которые варьируют в пределах 0,76-1,48 т/га. При этом между вариантами с подкормкой клевера борной кислотой, растворенной в воде и в этиленгликоле, разница отсутствует. Максимально высокой массой головок клевера отличается вариант с обработкой борной кислотой в растворе моноэтаноламина (4 вариант) — 3,52 т/га, что в 1,7 раза выше, чем в контрольном варианте.

Интересной представляется оценка химического состава зеленой массы клевера лугового (табл. 2). Анализ содержания общего азота в зеленой массе клевера показал наличие достоверных изменений по всем вариантам опыта, за исключением обработки культуры водным раствором борной кислоты. Максимальное содержание элемента в зеленой массе клевера при использовании борной кислоты в растворе глицерина (1,96%) — почти в 2 раза выше контроля. Минимальная прибавка (0,15%) прослеживается при проведении некорневой подкормки культуры борной кислотой в растворе моноэтаноламина.

Наибольшим количеством фосфора в зеленой массе отличается клевер луговой, обработанный раствором борной кислоты в глицерине (0,22%), что в 1,5 раза превышает контроль (0,15%). Некорневая подкормка культуры борной кислотой в водном растворе, равно как и в растворе моноэтаноламина, не привела к увеличению количества элемента (разница не выходит за пределы ошибки опыта).

Содержание калия в зеленой массе клевера на контрольном варианте составляло 0,94%, в то время как использование борной кислоты в разных растворителях в качестве некорневой подкормки привело к увеличению показателя в 1,4-1,6 раза. При этом максимальная прибавка по количеству калия отмечается в 4 варианте опыта ( $H_3BO_3$  в растворе МЭА) — 0,60%; минимальная — в 5 варианте ( $H_3BO_3$  в растворе этиленгликоля) — 0,33%. Надо отметить, что использование борной кислоты в водном растворе и в растворе глицерина оказалось равнозначным по влиянию на данный показатель — 1,45-1,46% калия в зеленой массе клевера.

Таблица 1

Влияние некорневой подкормки борной кислотой на продуктивность клевера лугового (при естественной влажности)

Вариант опыта	Урожайность зеленой массы, т/га		Масса головок, т/га	
1. Контроль	12,0	-	2,04	-
2. $H_3BO_3$ вода	13,0	+ 1,0	2,80	+0,76
3. $H_3BO_3$ глицерин	17,0	+ 5,0	2,96	+0,92
4. $H_3BO_3$ МЭА	11,0	-1,0	3,52	+1,48
5. $H_3BO_3$ этиленгликоль	16,0	+4,0	2,80	+0,76
<i>НСР<sub>05</sub></i>		2,7		0,51

Таблица 2

Влияние некорневой подкормки борной кислотой на химический состав клевера лугового (на абсолютно сухое вещество)

Вариант опыта	Сухое вещество, %	Азот общий, %	Фосфор, %	Калий, %
1. Контроль	89,18	1,03	0,15	0,94
2. $H_3BO_3$ вода	89,70	1,03	0,13	1,46
3. $H_3BO_3$ глицерин	89,10	1,96	0,22	1,45
4. $H_3BO_3$ МЭА	89,32	1,18	0,17	1,54
5. $H_3BO_3$ этиленгликоль	89,16	1,56	0,18	1,27
<i>НСР<sub>05</sub></i>	0,49	0,10	0,02	0,09



**Выводы**

1. Концентрированные растворы борной кислоты в моноэтанолаmine (25,6%), глицерине (20,4%) и этиленгликоле (19,5%) использовали для быстрого приготовления разбавленных водно-органических растворов, с помощью которых осуществляли некорневую подкормку клевера лугового.

2. Некорневая подкормка хелатной формой борной кислоты клевера лугового показала, что максимальная урожайность зеленой массы культуры достигается в результате разбавления водной глицериновой раствора — 17,0 т/га, что в 1,4 раза больше контроля и в 1,3 раза больше по сравнению с чисто водным раствором.

3. Наиболее высокой массой головок клевера отличается вариант с обработкой культуры хелатом борной кислоты, полученным разбавлением водной раствора  $H_3BO_3$  в моноэтанолаmine — 3,52 т/га, что в 1,7 раза больше контроля.

4. Существенное влияние подкормки на химический состав зеленой массы клевера отмечается в большинстве вариантов опыта. Максимальное количество азота и фосфора наблюдается при использовании глицерина в качестве первичного растворителя — 1,96 и 0,22% соответственно; по содержанию калия выделяется вариант с применением кислоты в моноэтанолаmine — 1,54%.

**Литература**

1. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1991. 432 с.

**Об авторах:**

**Кодочилова Наталья Александровна**, кандидат биологических наук, заместитель директора по науке, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1971-2668>, [korchenkina.natalia@yandex.ru](mailto:korchenkina.natalia@yandex.ru)

**Иваненкова Анастасия Олеговна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5161-4921>, [anstsub@mail.ru](mailto:anstsub@mail.ru)

**Гејгер Елена Юрьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший преподаватель, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7791-1468>, [gejguy@yandex.ru](mailto:gejguy@yandex.ru)

**Семенов Владимир Викторович**, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2352-773X>, [vssemenov@iomc.ras.ru](mailto:vssemenov@iomc.ras.ru)

**Петров Борис Иванович**, доктор технических наук, заместитель директора, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3099-5286>, [bip@iomc.ras.ru](mailto:bip@iomc.ras.ru)

**Лазарев Николай Михайлович**, кандидат химических наук, научный сотрудник, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3099-2077>, [nikolai-lazarev@mail.ru](mailto:nikolai-lazarev@mail.ru)

2. Несмеянов А.Н., Соколик Р.А. Методы элементоорганической химии. Бор, алюминий, галлий, индий, таллий. М.: Наука, 1964. 499 с.

3. Кешан А.Д. Синтез боратов в водном растворе и их исследование. Рига: Изд-во АН Латвийской ССР, 1955. 240 с.

4. Скворцов В.Г., Молодкин А.К., Петрова О.В., Цеханская Н.Р., Родионов Н.С. Исследование механизма реакции между борной кислотой и моноэтанолаmineм в водной среде // Журнал неорганической химии. 1980. Т. 25. № 7. С. 1964-1969.

5. Скворцов В.Г., Молодкин А.К., Родионов Н.С., Цеханская Н.Р. Исследование комплексобразования между борной кислотой и диэтанолamineм // Журнал неорганической химии. 1981. Т. 26. № 5. С. 1389-1393.

6. Zhou L., Ruan H., Li G., Zhu W., Nie C., Fan R. Borate coupling agent and its preparation method. Faming Zhuanli Shenqing (2012), CN 102532602A20120704.

7. Yang G., Zhang Z., Li G., Zhang J., Yu L., Zhang P. Synthesis and tribological properties of s- and p-free borate esters with different chain lengths. Journal of Tribology (2011. V. 133). No. 2. 021801/1-021801/7.

8. Wada H., Nojima K., Kuroda K., Kato C. Formation of boron nitride and boron carbide by pyrolysis of condensation products of boric acid and ethanalamines. Yogyo Kyokaishi. 1987. V. 95. No. 1. Pp. 130-134.

9. Чупахин О.Н., Хонина Т.Г., Кунгуров Н.В., Зильберберг Н.В., Евстигнеева Н.П., Кохан М.М., Полищук А.И., Шадрин Е.В., Ларченко Е.Ю., Ларионов Л.П., Карабанов М.С. Кремнийборсодержащий глицерогидрогель с ранозаживляющей, регенерирующей и антимикробной активностью // Известия Академии Наук. Серия химическая. 2017. № 3. С. 558-563.

10. Ларченко Е.Ю., Пермикин В.В., Сафронов А.П., Хонина Т.Г. Структурные особенности полимерных кремнийглицеролатных гелей // Известия Академии Наук. Серия химическая. 2017. № 8. С. 1478-1482.

11. Chiappe C., Signori F., Valentini G., Marchetti L., Pomelli C.S., Bellina F. Novel (glycerol)borate — based ionic liquids: an experimental and theoretical study. J. Phys. Chem. B. 2010. V. 114. No. 15. Pp. 5082-5088.

12. Zhou P., Liu R., Long L. Application study of boric acid glycerin polyester in electrolytic capacitors. Huaxue Gongchengshi. 2013. V. 27. No. 1. Pp. 49-51.

13. Tahara N., Kakiage M., Yanase I., Kobayashi H. Effect of addition of tartaric acid on synthesis of boron carbide powder from condensed boric acid glycerin product. Journal of Alloys and Compounds. 2013. V. 573. Pp. 58-64.

14. Kakiage M., Tahara N., Yanase I., Kobayashi H. Low-temperature synthesis of boron carbide powder from condensed boric acid glycerin product. Materials Letters. 2011. V. 65. No. 12. Pp. 1839-1841.

15. Wada H., Kuroda K., Kato C. Preparation of boron nitrideboron carbide ceramics by pyrolysis of boric acid glycerin condensation product. Materials Science Research. 1986. V. 20. Pp. 179-185.

16. Ogawa Y., Hisada H., Shiina N., Okutani H. Treatment of plywood to reduce smoke. Jpn. Kokai Tokkyo Koho (1975), JP 50089511 A 19750718.

17. Yonezawa T. Electrolytes for electrolytic capacitors. Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2002), JP 2002175945 A 20020621.

18. Kalacheva V.G., Svarcs E., Ben'kovskii V.G., Leonov I.D. Physicochemical study of the boric acid-ethylene glycol system. Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis, Kimijas Serija. 1970. No. 6. Pp. 679-683.

19. Kalacheva V.G., Ben'kovskii V.G., Svarcs E. Reaction of boric acid with ethylene glycol. Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis. Kimijas Serija. 1969. No. 2. Pp. 149-151.

20. Лядов А.С., Хаджиев С.Н. Биоглицерин — альтернативное сырье для основного органического синтеза // Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90. № 11. С. 1417-1428.

## THE USE OF BORIC ACID SOLUTIONS IN MONOETHANOLAMINE, GLYCEROL AND ETHYLENE GLYCOL AS BORON-CONTAINING MICROFERTILIZERS. THE EFFECT OF FOLIAR TREATMENT ON YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF MEADOW CLOVER

**N.A. Kodochilova<sup>1</sup>, A.O. Ivanenkova<sup>1</sup>, E.Yu. Geiger<sup>2</sup>, V.V. Semenov<sup>3</sup>, B.I. Petrov<sup>3</sup>, N.M. Lazarev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod research institute of agriculture — branch of the Federal agricultural research center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Nizhny Novgorod region

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod branch of the Academy for standardization, metrology and certification (educational), Nizhny Novgorod

<sup>3</sup>G.A. Razuvaev institute of organometallic chemistry of the Russian academy of sciences, Nizhny Novgorod, Russia

The article presents the results of research of the G.A. Razuvaev Institute of organometallic chemistry of Russian academy of sciences (Nizhny Novgorod) on the selection of conditions for dissolution and finding optimal concentrations of boric acid in organic liquids (monoethanolamine, glycerol and ethylene glycol), which allow to obtain low-viscosity solutions with concentration, that is many times higher than the maximum achievable concentration in water and does not emit precipitation during storage. Determination of the density of solutions was carried out using general-purpose hydrometers, and refractive indices were determined using a refractometer. The purpose of obtaining the studied solutions of boric acid was to further use them as microfertilizers for foliar treatment of meadow clover and to identify the influence of these solutions on the yield and chemical composition of the green mass of the crop. Agrochemical studies were conducted in the framework of field experience on the basis of the Nizhny Novgorod research agricultural institute — Branch of the FARC North-East on the light-gray forest medium-loamy soil, with a slightly acidic reaction of the soil solution, low humus content, high degree of mobile phosphorus and medium — mobile potassium. Foliar treatment of meadow clover in the budding phase with the chelated form of boric acid showed, that the maximum yield of the green mass of the crop was achieved when using glycerol as a solvent (17.0 t/ha). The largest mass of the heads of clover differed in the variant with crop treatment with a chelate of boron, obtained by diluting with water solution of boric acid to monoethanolamine — 3.52 t/ha. The maximum amount of nitrogen and phosphorus in green mass of clover was observed when using glycerol as the primary solvent (1.96 and 0.22%, respectively), according to the content of potassium — variant with the use of boric acid to monoethanolamine (1.54%).

**Keywords:** boric acid, monoethanolamine, glycerol, ethylene glycol, meadow clover, yield, chemical composition.



References

1. Rabinovich V.A., Khavin Z.Ya. Brief chemical reference. Leningrad: Khimiya = Chemistry, 1991. 432 p.
2. Nesmeyanov A.N., Sokolik R.A. Methods of organoelement chemistry. Boron, aluminum, gallium, indium, thallium. Moscow: Nauka = Science, 1964. 499 p.
3. Keshan A.D. Synthesis of borates in an aqueous solution and their study. Riga: Izd-vo Akademii Nauk Latvijas SSR = Publishing house of the Academy of sciences of the Latvian SSR, 1955. 240 p.
4. Skvortsov V.G., Molodkin A.K., Petrova O.V., Tsekhan-skaya N.R., Rodionov N.S. Investigation of the reaction mechanism between boric acid and monoethanolamine in an aqueous medium. Zhurnal neorganicheskoy khimii = Russian journal of inorganic chemistry. 1980. Vol. 25. No. 7. Pp. 1964-1969.
5. Skvortsov V.G., Molodkin A.K., Rodionov N.S., Tsekhan-skaya N.R. Study of complexation between boric acid and diethanolamine. Zhurnal neorganicheskoy khimii = Russian journal of inorganic chemistry. 1981. Vol. 26. No. 5. Pp. 1389-1393.
6. Zhou L., Ruan H., Li G., Zhu W., Nie C., Fan R. Borate coupling agent and its preparation method. Faming Zhuanli Shenqing (2012), CN 102532602A20120704.
7. Yang G., Zhang Z., Li G., Zhang J., Yu L., Zhang P. Synthesis and tribological properties of s- and p-free borate es-

- ters with different chain lengths. Journal of Tribology (2011. V. 133). No. 2. 021801/1-021801/7.
8. Wada H., Nojima K., Kuroda K., Kato C. Formation of boron nitride and boron carbide by pyrolysis of condensation products of boric acid and ethanolamines. Yogyo Kyokaishi. 1987. V. 95. No. 1. Pp. 130-134.
9. Chupakhin O.N., Khonina T.G., Kungurov N.V., Zilber-berg N.V., Evstigneeva N.P., Kokhan M.M., Polischuk A.I., Schadrina E.V., Larchenko E.Yu., Larionov L.P., Karabanalov M.S. Siliconboron-containing glycerohydrogel with wound healing, regenerating and antimicrobial activity. Izvestiya Akademii Nauk. Seriya khimicheskaya = Russian chemical bulletin. 2017. No. 3. Pp. 558-563.
10. Larchenko E.Yu., Permikin V.V., Safronov A.P., Khonina T.G., Structural features of polymer silicon-glycerolate gels. Izvestiya Akademii Nauk. Seriya khimicheskaya = Russian chemical bulletin. 2017. No. 8. Pp. 1478-1482.
11. Chiappe C., Signori F., Valentini G., Marchetti L., Pomelli C.S., Bellina F. Novel (glycerol)borate — based ionic liquids: an experimental and theoretical study. J. Phys. Chem. B. 2010. V. 114. No. 15. Pp. 5082-5088.
12. Zhou P., Liu R., Long L. Application study of boric acid glycerin polyester in electrolytic capacitors. Huaxue Gongchengshi. 2013. V. 27. No. 1. Pp. 49-51.
13. Tahara N., Kakiage M., Yanase I., Kobayashi H. Effect of addition of tartaric acid on synthesis of boron carbide

- powder from condensed boric acid glycerin product. Journal of Alloys and Compounds. 2013. V. 573. Pp. 58-64.
14. Kakiage M., Tahara N., Yanase I., Kobayashi H. Low-temperature synthesis of boron carbide powder from condensed boric acid glycerin product. Materials Letters. 2011. V. 65. No. 12. Pp. 1839-1841.
15. Wada H., Kuroda K., Kato C. Preparation of boron nitrideboron carbide ceramics by pyrolysis of boric acid glycerin condensation product. Materials Science Research. 1986. V. 20. Pp. 179-185.
16. Ogawa Y., Hisada H., Shiina N., Okutani H. Treatment of plywood to reduce smoke. Jpn. Kokai Tokkyo Koho (1975), JP 50089511 A 19750718.
17. Yonezawa T. Electrolytes for electrolytic capacitors. Jpn. Kokai Tokkyo Koho (2002), JP 2002175945 A 20020621.
18. Kalacheva V.G., Svarcs E., Ben'kovskii V.G., Leonov I.D. Physicochemical study of the boric acid-ethylene glycol system. Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis, Kimijas Serija. 1970. No. 6. Pp. 679-683.
19. Kalacheva V.G., Ben'kovskii V.G., Svarcs E. Reaction of boric acid with ethylene glycol. Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis. Kimijas Serija. 1969. No. 2. Pp. 149-151.
20. Lyadov A.S., Khadzhiyev S.N. Bioglycerin — alternative raw material for basic organic synthesis. Zhurnal prikladnoy khimii = Russian journal of applied chemistry. 2017. Vol. 90. No. 11. Pp. 1417-1428.

About the authors:

**Natalia A. Kodochilova**, candidate of biological sciences, deputy director for science, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1971-2668>, [korchenkina.natalia@yandex.ru](mailto:korchenkina.natalia@yandex.ru)  
**Anastasia O. Ivanenkova**, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5161-4921>, [anstsub@mail.ru](mailto:anstsub@mail.ru)  
**Elena Yu. Geiger**, candidate of agricultural sciences, associate professor, senior lecturer, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7791-1468>, [gejug@yandex.ru](mailto:gejug@yandex.ru)  
**Vladimir V. Semenov**, doctor of chemical sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2352-773X>, [vvsemenov@iomc.ras.ru](mailto:vvsemenov@iomc.ras.ru)  
**Boris I. Petrov**, doctor of technical sciences, deputy director, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3099-5286>, [bip@iomc.ras.ru](mailto:bip@iomc.ras.ru)  
**Nikolay M. Lazarev**, candidate of chemical sciences, researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3099-2077>, [nikolai-lazarev@mail.ru](mailto:nikolai-lazarev@mail.ru)

[anstsub@mail.ru](mailto:anstsub@mail.ru)

**XX МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ВЫСТАВКА**

**26-28 февраля**  
**ОРЕНБУРГ**

**ASPO 2020**

ООО "УралЭкспо"  
(3532) 67-11-02, 67-11-04  
[uralexpo@yandex.ru](mailto:uralexpo@yandex.ru), [www.uralexpo.ru](http://www.uralexpo.ru)

7 галерея  
зал «Неплюев»  
зал «Гагарин»  
Шарлыкское шоссе, 1/2





## ПРИЕМЫ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

Х.И. Максимова, В.С. Николаева, В.И. Буслаева

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск, Россия

Приведены результаты исследований 1996-2014 гг. Экспериментальные работы по научным основам возделывания кормовых культур в севооборотах Центральной Якутии проводились в 1996-1999 гг. на научно-производственном стационаре «Илгэлээх» ОПХ «Покровское», по изучению приема ресурсосберегающей технологии обработки почвы проводились на уч. «Мундулах» Мегино-Кангаласского улуса в 2009-2014 гг. Для посева кормовых культур использовались семена районированных сортов: Севооборот 1. Овес, горох — рапс, озимая рожь — озимая рожь, донник; —донник 2 года, рапс яровой — люцерна + пырейник изменчивый (выводное поле). Севооборот 2. Донник — донник, озимая рожь — озимая рожь, овес — рапс — пырейник сибирский (выводное поле). Варианты удобрений: 1. Без удобрений (контроль); 2. Минеральное удобрение ( $N_{235}P_{60}$ ); 3. Органоминеральный (навоз<sub>60 т/га</sub> +  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ).

За годы исследований установлено [6], что адаптивные севообороты 1 и 2 обеспечили высокую продуктивность на фоне органо-минерального удобрения с коэффициентом энергетической эффективности 1,33-1,38. Урожайность с 1 га севооборотной площади соответственно 24,7 и 22,4 т зеленой массы, выход кормовых единиц 3,69 и 3,47 т, переваримого протеина 0,73 и 0,69 т, валовой энергии 97,9 и 95,4 ГДж, обменной энергии 49,7 и 48,4 ГДж. Органоминеральное удобрение (навоз<sub>60 т/га</sub> +  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) повышает продуктивность на 31,7 — 54,4%, минеральное удобрение ( $N_{235}P_{60}$ ) на 26,0 — 46,1% по сравнению с контролем. При этом протеиновая питательность кормовых культур повышается до 21 и 26%. Возделывание донника и люцерно-пырейниковой смеси обеспечивает наибольшее накопление корневых остатков (12,6 и 12,0 т/га), что способствует сохранению баланса органического вещества в почве (+1,0 и 0,9 т/га).

Агрохимический состав мерзлотной таежной-палеовой почвы опытного участка «Мундулах» следующий: реакция среды щелочная, pH водный — 8,16-8,29; содержание гумуса в верхнем горизонте — 2,89%; содержание подвижных форм азота  $N_{нитр}$  — 0,17%; подвижных форм  $P_2O_5$  — 16,4;  $K_2O$  — 29,7 мг/100 г. Изучались: 1. Плужная обработка почвы (традиционная технология); 2. Ресурсосберегающая технология на основе агрегата «Обь-4-3Т»; 3. Ресурсосберегающая технология на основе агрегата СЗС- 4,2.

Культура — викоовсяная смесь. Применение комплексных ресурсосберегающих агрегатов на мерзлотных почвах обеспечило урожайность зеленой массы 103,9 — 105,7 ц/га, по сравнению с вариантом традиционной обработки прибавка урожая зеленой массы викоовсяной массы составила 13,7 — 15,5 ц/га.

**Ключевые слова:** севооборот, адаптивные кормовые культуры, минеральные и органические удобрения, продуктивность, урожайность, обработка почвы, зеленая масса.

### Введение

В Якутии при разработке и внедрении ресурсосберегающих агротехнологических приемов необходимо учитывать определенные почвенно-климатические особенности. Большой интерес в этом отношении заслуживает обилие солнечной радиации. Общая сумма активных температур выше 10°C в Приленском агроландшафте равняется 1464°C, что достаточно для выращивания кормовых культур с коротким вегетационным периодом на зеленую массу [1].

Производство силоса и сенажа — это всегда было одним из основных задач полевого кормопроизводства, в котором главным вопросом являются научно-обоснованные севообороты, включающие поднятие культуры земельного, повышения плодородия мерзлотных почв и увеличения производства кормов.

В последнее время учеными разрабатывается теория различных уровней интенсификации растениеводства в зависимости от финансовой и ресурсной обеспеченности хозяйств с учетом экономической целесообразности и экологических ограничений, которая в практике определяется как ресурсосберегающие технологии.

Наиболее актуальной задачей в этой связи становятся использование новейших технологий сельскохозяйственного производства, техническое перевооружение производства, рост производительности труда, сокращение издер-

жек производства и увеличение объемов реализации продукции. Большие надежды в сокращении и объединении технологических операций в системе обработки почвы связаны с переходом на комбинированные почвообрабатывающие посевные машины, способные весь цикл посевных работ свести к одному-двум технологическим приемам.

### Материал, условия и методика проведения исследований

Экспериментальные работы по научным основам возделывания кормовых культур в севооборотах Центральной Якутии проводились в 1996-1999 гг. на научно-производственном стационаре «Илгэлээх» ОПХ «Покровское». Годы исследований существенно различались по метеорологическим условиям. ГТК вегетационных периодов составил — 1,29; 0,66; 0,30; 1,19 соответственно по годам при среднемноголетнем показателе — 0,60.

Почва опытного участка лугово-черноземная слабосолончаковая. Тип засоления сульфатный с отношением  $Cl_2/SO_4$  почвы: 0-40 см — 0,76; 40-60 см — 0,71; 60-80 см — 0,67; 80-100 см — 1,15 мг-экв/100 г почвы. Солончаковатость почвы определена по градации Л.Г. Еловской [2].

Агрохимические показатели на начало исследований по данным анализов 1996 года следующие: реакция щелочная — pH солевая —

7,7-8,3; содержание гумуса (по Тюрину) — 5,4%, содержание подвижных форм азота среднее:  $N_{нитр}$  — 0,89 (метод Грандваль-Ляжу); подвижных форм фосфора среднее:  $P_2O_5$  — 13,3; калия (метод Эгнера-Рима) высокое:  $K_2O$  — 19,2 мг/100 г почвы.

Агротехника кормовых культур (сроки посева, норма высева, обработка почвы и др.) проводилась по рекомендациям ЯНИИСХ для кормовых культур [3]. Из минеральных удобрений использовались мочевины (46% д.в.), двойной суперфосфат (46% д.в.) и хлористый калий (60% д.в.). Из органических удобрений использовали навоз и вносили в начале ротации с расчетом 60 т/га.

Для посева кормовых культур использовались семена районированных сортов: пырейник изменчивый (сорт Ленская), донник белый (сорт Немюгюнский), овес (сорт Покровский), горох (сорт Капитал), рапс яровой (сорт Восточно-Сибирский), озимая рожь (сорт Ситниковская), пырейник сибирский (сорт Камалинский 7), люцерна на желтой (сорт Якутская).

Поливы проводились ДДН — 70 при снижении наименьшей влагоемкости почвы ниже 60%, с нормой 400 м<sup>3</sup>/га в 2-3 раза за вегетационный период (1997, 1998 гг.).

Схема опыта включала изучение 2-х пятипольных севооборотов.

Севооборот 1. Овес, горох — рапс, озимая рожь — озимая рожь, донник; — донник 2 года,



Таблица 1

Урожайность зеленой массы викоовсяной смеси, т/га (2009 — 2013 гг.)

Вариант	Годы					Среднее	Прибавка
	2009	2010	2011	2012	2013		
Традиционная обработка	70,0	58,6	119,0	-	113,0	90,2	-
Ресурсосберегающая технология (Обь-4-3Т)	7,0	66,7	133,0	-	146,0	105,7	15,5
Ресурсосберегающая технология (СЗС-4,2)	75,0	58,7	147,0	-	135,0	103,9	13,7

$H_{CP_{05}}$  — 2,48

рапс яровой — люцерна + пырейник изменчивый (выводное поле).

Севооборот 2. Донник — донник, озимая рожь — озимая рожь, овес — рапс — пырейник сибирский (выводное поле).

Варианты удобрений: 1. Без удобрений (контроль); 2. Минеральное удобрение ( $N_{235}P_{60}$ ); 3. Органоминеральное (навоз  $_{60}^{60} \text{ т/га} + N_{60}P_{60}K_{60}$ ). Площадь учетной делянки 90 м<sup>2</sup>, площадь делянок по вариантам удобрений — 30 м<sup>2</sup>. Размещение вариантов рендомизированное, повторность трехкратная. Общая площадь под опытом 1 га.

Наблюдения и учеты проведены по методике ВНИИ кормов [4]. Агроэнергетическая оценка кормовых культур рассчитана по методике ВНИИ кормов [5].

Результаты и обсуждение

В севооборотах наиболее высокую продуктивность за все годы исследований обеспечили горохо-овсяная смесь, донник и рапс.

По выходу сухой массы 4,22 т/га и обменной энергии 38,0 ГДж/га горохо-овсяная смесь превосходит все изучаемые культуры. По сбору переваримого протеина (0,46 т/га) уступает доннику и люцерне + пырейнику изменчивому. Урожайность зеленой массы составила 16,9, кормовых единиц — 2,95 т/га. Донник 2-го года обеспечивает самый высокий сбор с 1 га переваримого протеина — 0,53-0,58 т/га. Выход зеленой массы составил 12,3-13,3, сухой массы — 2,95-3,19, кормовых единиц — 2,18-2,36 т/га, обменной энергии — 29,6 ГДж/га. Наибольшую урожайность зеленой массы обеспечил рапс — 18,6-22,3 т/га, при этом выход сухой массы составил 2,41-2,90, кормовых единиц — 1,66-2,01, переваримого протеина — 0,37-0,44 т/га, обменной энергии — 22,7-26,5 ГДж/га. Включение рапса ярового, как поукосной культуры после донника второго года, показало, что урожайность зеленой массы изменяется по годам в зависимости от увлажнения почвы. В среднем за 4 года суммарный выход зеленой массы составил 26,0; сухой массы — 4,84; кормовых единиц — 3,50; переваримого протеина — 0,83 т/га, обменной энергии — 44,1 ГДж/га. Выход зеленой массы люцерны + пырейника изменчивого составил 12,8; кормовых единиц — 2,50; сухой массы — 3,58; переваримого протеина — 0,59 т/га. Обменная энергия у люцерны + пырейника изменчивого — 32,0 ГДж/га.

За годы исследований установлено [6], что адаптивные севообороты 1 и 2 обеспечили высокую продуктивность на фоне органоминерального удобрения с коэффициентом

энергетической эффективности 1,33-1,38. Урожайность с 1 га севооборотной площади составила соответственно 24,7 и 22,4 т зеленой массы, выход кормовых единиц 3,69 и 3,47 т, переваримого протеина 0,73 и 0,69 т, валовой энергии 97,9 и 95,4 ГДж, обменной энергии 49,7 и 48,4 ГДж. Органоминеральное удобрение (навоз  $_{60}^{60} \text{ т/га} + N_{60}P_{60}K_{60}$ ) повышает продуктивность на 31,7-54,4%, минеральное удобрение ( $N_{235}P_{60}$ ) на 26,0-46,1% по сравнению с контролем. При этом протеиновая питательность кормовых культур повышается до 21 и 26%. Возделывание донника и люцерно-пырейниковой смеси обеспечивает наибольшее накопление корневых остатков (12,6 и 12,0 т/га), что способствует сохранению баланса органического вещества в почве (+1,0 и 0,9 т/га).

Исследования по изучению приема ресурсосберегающей технологии обработки почвы проводились на уч. «Мундулах» Мегино-Кангаласского улуса в 2009-2014 гг. Агрохимический состав мерзлотной таежной-палеовой почвы опытного участка следующий: реакция среды щелочная, рН водный -8,16-8,29; содержание гумуса в верхнем горизонте — 2,89%; содержание подвижных форм азота  $N_{\text{нитр}}$  — 0,17%; подвижных форм  $P_2O_5$  — 16,4;  $K_2O_5$  — 29,7 мг/100 г.

Схема полупроизводственного опыта, следующая:

1. Плужная обработка почвы (традиционная технология);
2. Ресурсосберегающая технология на основе агрегата «Обь-4-3Т»;
3. Ресурсосберегающая технология на основе агрегата СЗС-4,2.

Повторность 3-х кратная. Площадь делянки — 0,5 га, площадь опыта 3,0 га, культура — викоовсяная смесь.

По данным фенологических и биометрических наблюдений отмечается более оптимальные условия роста и развития растений в условиях ресурсосберегающей технологии. При традиционной обработке почвы наступление фенологических фаз ускорился. При этом высота растений были несколько ниже, чем в варианте ресурсосберегающей обработки почвы. Совместное использование сидерального пара и многофункциональных комплексных агрегатов типа АПК — 5,7, Обь-4-3Т, улучшает агрофизические свойства почв, восстанавливает и сохраняет плодородие мерзлотных почв, убыстряет процесс разложения (вследствие повышения аэрации почвы) и накопления органического вещества в условиях криолитозоны.

Применение комплексных ресурсосберегающих агрегатов на мерзлотных почвах обеспечило урожайность зеленой массы 103,9-105,7 ц/га, по сравнению с вариантом традиционной обработки прибавка урожая зеленой массы викоовсяной массы составила 13,7 — 15,5 ц/га (табл. 1). Высота растений достигала: у овса 77,3; у вики 59,7 см, при традиционной обработке и 92,0, 64,7 см соответственно по культурам в ресурсосберегающей технологии.

Практическое использование многофункциональных технических средств и комплексов обеспечивают [7]:

- снижение энергоемкости 1,5 — 2,0 раза по сравнению с традиционной технологией и повышающие производительность в 1,5 — 1,8 раза;
- сохранение влажности мерзлотных почв на 20-25% больше, чем по рекомендованным зональным технологиям обработки почв;
- улучшение агрофизических свойств в результате уменьшения плотности почв (объемная масса почвы по рекомендованным зональным технологиям обработки почвы составляет 1,23 г/м<sup>3</sup>, при ресурсосберегающей обработке — 1,18 г/м<sup>3</sup>);
- увеличение в 2 раза численности микроорганизмов в почве в слое 0-20 см от 120,8 млн в 1 гр. почвы при по зональной технологии обработки, до 232,0 млн в 1 гр. почвы;
- величина использования суммарного водопотребления на единицу урожая при ресурсосберегающей технологии обработки почвы составляет 105,5 мм (при обработке по зональной технологии — 91 мм).

## Выводы

Таким образом, ресурсосберегающие технологии с элементами адаптивной системы земледелия по полевому кормопроизводству повышают продуктивность севооборотной площади, способствуют сохранению продуктивной влаги и баланса органического вещества в почве.

## Литература

1. Иванова Л.С. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Лено-Амгинского междуречья. Новосибирск, 2004. С.15.
2. Еловская Л.Г., Коноровский А.К., Саввинов Д.Д. Мерзлотные засоленные почвы Центральной Якутии. М.: Наука, 1966. С. 20-26.
3. Система ведения сельского хозяйства Якутской АССР: Рекомендации/ ВАСХНИЛ Сибирское отделение Якутского НИИСХ. Новосибирск, 1987. 232 с.
4. Методические рекомендации по проведению опытов с кормовыми севооборотами. М.; 1974. С. 9-17.
5. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.; 1995. 173 с.
6. Попов Н.Т., Максимова Х.И. Кормовые севообороты в условиях Центральной Якутии. Якутск, 2009. С. 106-128.
7. Патент № 2603037 А01С (Российская Федерация). Способ улучшения плодородия мерзлотных почв в условиях криолитозоны. Н.Т. Попов, Д.Д. Саввинов, Х.И. Максимова и др. № 2014121754. Заявлен 28.05.2014, опубликован 20.11.2016 бюллетень № 32.

Об авторах:

**Максимова Харитина Ивановна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1640-5531>, [tinamaksimova56@mail.ru](mailto:tinamaksimova56@mail.ru)

**Николаева Валентина Семеновна**, младший научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7799-8652>

**Буслаева Варвара Ивановна**, младший научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3305-6476>





## RESOURCE-SAVING CULTIVATION TECHNIQUES OF FORAGE CROPS UNDER REPUBLIC SAKHA (YAKUTIA) CONDITIONS

**Kh.I. Maksimova, V.S. Nikolaeva, V.I. Buslaeva**

M.G. Safronov Yakut scientific research institute of agriculture — Division of Federal Research Centre «The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Yakutsk, Russia

This article describes results of research project regarding application resource-saving cultivation technologies that took place from 1996 to 2014. Experimental works on scientific fundamental of forage crop cultivations in Central Yakutia's crop rotation were performed in research and development center "Yil'gellekh" of "Pokrovskoye" enterprise from 1996 to 1999. Studies on resource-saving tillage technologies were carried out in "Myundulakh" of Megino-Khagnalasskiy district of Republic Sakha (Yakutia) in 2009-2014. Following regionalized crops have been used for the seedings: crop rotation 1- oat, peas-rapeseed, winter rye- winter rye, melilot; melilot 2 years, spring rapeseed-alfalfa-choppy grass (output field); crop rotation 2- melilot-melilot, winter rye- winter rye, oat- rapeseed- Siberian wheatgrass (hatching field). Fertilizers used in study were: 1. No added fertilizer (control); 2. Mineral fertilizer ( $N_{235}P_{60}$ ); 3. Organic-mineral fertilizer (manure<sub>60t/ha</sub> +  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ).

Previous studies showed that [6] adaptive crop rotation 1 and 2 contributed to the increase in yield under organic-mineral fertilizer background with energy efficiency coefficient 1,33-1,28. Yield per 1 hectare of crop rotation filed was 24,7 and 22,4 tons of green mass; output of feeding units 3,69 and 3,47 tons, digestible protein 0,73 and 0,69 t, gross energy 97,9 and 95,4 GJ, exchange energy 49,7 and 48,4 GJ respectively. Organic-mineral fertilizer (manure<sub>60t/ha</sub> +  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) was shown to increase the productivity by 31,7-54,4% and mineral ( $N_{235}P_{60}$ ) by 26,0-46,1% comparing with control (no fertilizer added). In so doing, protein nutrition value as shown to increase by 21% and 26% respectively. Sowing melilot and alfalfa-choppy grass mix was shown to accumulate higher amount of root residues (12,0 and 12,6 t/ha) aiding to maintenance of the organic matter in soil (+1,0 and 0,9t/ha).

Agrochemical composition of taiga-pale permafrost soil in studied ares "Myundulakh" was following: pH alkaline, water pH -8,16-8,29; humus content in upper horizon- 2,89%; content of nitrogen moving form Nnitr- 0,17%; moving form P20%- 16,4; K2O5- 29,7 mg/100g. The following techniques were examined: 1. plow tillage (traditional technology); 2. Resource-saving technology based on the Ob-4-ZT; 3. Resource-saving technology based on the SZS-4.2 aggregates. The studied culture was an oatmeal mixture. The use of integrated resource-saving aggregates on permafrost soils provided the green mass yield of 103.9 -105.7 c / ha. In comparison with traditional processing the yield of green mass of oatmeal mass increased by 13.7 — 15.5 c / ha.

**Keywords:** crop rotation, adaptive forage crops, mineral and organic fertilizers, productivity, yield, soil processing, green mass

### References

1. Ivanova L.S. Adaptive-landscape farming systems of the Lena-Amginsky interfluvium. Novosibirsk, 2004. P.15.
2. Elovskaya L.G., Konorovsky A.K., Savvinov D.D. Frozen saline soils of Central Yakutia. M.: Nauka, 1966. Pp. 20-26.

3. The agricultural system of the Yakut Autonomous Soviet Socialist Republic: Recommendations / VASKHNIL Sibiria separation Yakut. NIISH. — Novosibirsk, 1987. 232 p.

4. Guidelines for conducting experiments with forage crop rotation. M.; 1974. Pp. 9-17.

5. A manual on agro-energy and economic evaluation of technologies and systems of feed production. M.; 1995. 173 p.

6. Popov N.T., Maksimova K.I. Fodder crop rotation under the Central Yakutia conditions. Yakutsk, 2009. Pp.106-128.

7. Patent № 2603037 A01C (Russian Federation). A method of improving the fertility of permafrost soils under conditions of cryolithozone. N.T. Popov, D.D. Savvinov, H.I. Maksimova et al. No. 2014121754. Declared 05/28/2014, published 20.11.2016 bulletin № 32

### About the authors:

**Kharitina I. Maksimova**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of feed production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1640-5531>, [tinamaksimova56@mail.ru](mailto:tinamaksimova56@mail.ru)

**Valentina S. Nikolaeva**, junior researcher of the laboratory of fodder production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7799-8652>

**Varvara I. Buslaeva**, junior researcher of the laboratory of fodder production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3305-6476>

[tinamaksimova56@mail.ru](mailto:tinamaksimova56@mail.ru)

**SIBERIAN AGRICULTURAL WEEK**  
11-13 NOVEMBER'2020  
smart agriculture

Develop business with us!

SIBERIAN EXHIBITION COMPANY  
NOVOSIBIRSK EXPO CENTRE



@SIBAGROWEEK

SIBAGROWEEK.RU

+7 (383) 304-83-68/88

INFO@SIBAGROWEEK.RU



## КОНВЕРГЕНТНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ УРОЖАЕМ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

С.И. Воронов<sup>1</sup>, Ю.Н. Плескачев<sup>1</sup>, П.В. Ильяшенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»,  
Московская область

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
г. Волгоград, Россия

В статье, через конвергентный подход рассматривается опыт по программированию и управлению урожаем озимой пшеницы в богарных условиях темно-каштановых почв Нижнего Поволжья. При построении опыта использовались нано-, био- и информационные технологии. В 2016 г. был заложен полнофакторный полевой эксперимент по определению наивысшей продуктивности различных сортов озимой пшеницы при местных почвенно-климатических условиях. В опыте из 25 сортов российской селекции, проходящих экологическое испытание на 4 уровнях минерального питания, были отобраны 4 сорта — Дон 93, Краса Дона, Лилит, Капитан для подробного изучения. Наибольшее количество продуктивных стеблей — 487 шт./м<sup>2</sup> в среднем за 3 года формировалось у сорта Краса Дона при третьем уровне минерального питания с использованием органоминерального комплекса Полидон Биоуниверсал. Масса зерна с одного колоса озимой пшеницы находилась в пределах от 0,93 г у сорта Дон 93 при первом уровне минерального питания до 1,16 г у сорта Краса Дона при третьем уровне питания. Наименьшая биологическая урожайность формировалась на первом уровне питания, на котором подкормки не проводились, только лишь вносился аммофос в дозе 60 кг/га при посеве. Максимальная биологическая урожайность — 5,65 т/га формировалась у сорта Краса Дона при третьем уровне минерального питания. Наименьшее содержание белка наблюдалось на первом уровне питания — от 10,4% у сорта Дон 93 и сорта Лилит до 11,5% у сорта Капитан. Наибольшее содержание белка было на третьем уровне с применением аммофоса, аммиачной селитры и Полидон Биоуниверсала — от 11,0% у сорта Дон 93 до 12,3% у сорта Капитан. В результате проведенных трехлетних опытов было доказано преимущество мелкодисперсного внесения инновационного продукта — препарата Полидон Биоуниверсал в фазе весеннего кущения и колошения различных сортов озимой пшеницы в дозе 0,5 л/га.

**Ключевые слова:** конвергентный подход, озимая пшеница, сорта, удобрения, стимуляторы роста, урожайность.

### Введение

В последнее время во всем мире большое внимание стало уделяться конвергентному подходу в исследованиях — новой детерминанте развития общества. Конвергенция (от английского «convergence» — схождение в одной точке) означает не только взаимное влияние, но и взаимопроникновение технологий, когда границы между отдельными технологиями стираются, а многие интересные результаты возникают именно в рамках междисциплинарной работы на стыке областей.

Данное явление, не так давно замеченное исследователями, получило название NBIC-конвергенции (по первым буквам областей: N-нано, B-био, I-инфо, C-когно). Термин введен в 2002 г. Михаилом Роко и Уильямом Бейнбриджем, авторами наиболее значительной в этом направлении на данный момент работы — отчета «Converging technologies for improving human performance» [14].

По мнению М. Амос, расположенные на периферии схемы, основные области новейших технологий образуют пространства взаимных пересечений. На этих стыках используются инструменты и наработки одной области для продвижения другой. Кроме того, иногда обнаруживается сходство изучаемых объектов, принадлежащих разным областям. Из четырех описываемых областей (нано-, био-, инфо-, когно-) наиболее развитая — информационно-коммуникационные технологии — на данный момент чаще всего поставляет инструменты для развития других. В частности, это возможность компьютерного моделирования различных процессов. Вторая (исторически и по степени про-

работанности) область — биотехнология — также дает инструментарий и теоретическую основу для нанотехнологий и когнитивной науки, и даже для развития компьютерных технологий [9].

Некоторые ученые отмечают, что любой живой организм имеет определенные характеристики, свойственные кибернетическим устройствам. Например, развитие организма во время роста имеет целый ряд параллелей с такими математическими конструкциями, как те же клеточные автоматы [13].

Некоторые исследователи, занимающиеся изучением закономерностей строения живых систем, такие как Стивен Вольфрам, даже говорят об их изначальной математичности [15].

Взаимодействие между самой первой по времени возникновению и последней волнами НТР (компьютерной и когнитивной), по мнению Е.К. Дрекслера, является, возможно, в перспективе наиболее важной «точкой научно-технологического роста» [11].

Увеличение концентрации некоторого вещества в окружающей среде запускает сложный каскад химических реакций, который вызывает реакцию организма. Биологические системы на основе белков и ДНК являются лишь одним из известных подходов к развитию чрезвычайно перспективной отрасли — нанотехнологии [10].

Развитие NBIC-технологий приведет к значительному скачку в возможностях производительных сил. С помощью нанотехнологий, а именно молекулярного производства, по расчетам специалистов, станет возможным создание материальных объектов с чрезвычайно низкой себестоимостью [12].

Сравнительно недавно, на пересечении биологии и информатики появилось новое направление в науке — биоинформатика. Это совокупность методов и подходов, включающих математические методы компьютерного анализа в сравнительной геномике. То есть весь набор компьютерных методов для анализа биологических данных, прочитанных структур ДНК и белков, микрофотографий, сигналов, баз данных с результатами экспериментов и т.д. [4].

Как известно, величина урожая культурных растений складывается из различных факторов. Чтобы получить высокую урожайность сельскохозяйственных культур ее надо программировать [1, 3, 8]. Задача программирования урожая состоит в том, чтобы с учетом складывающихся погодных условий и материально-технических ресурсов формировать такие посева, которые бы при минимальных затратах труда и средств обеспечивали наивысшую продуктивность [5].

Решение данных задач невыполнимо без научно обоснованного программирования урожайности сельскохозяйственных культур и применения инновационных технологий «точного» прецизионного земледелия. Сельхозтоваропроизводители должны обладать эффективными адаптированными технологиями, заранее просчитывать затраты на возделывание сельскохозяйственных культур, программировать уровень урожайности и выводить себестоимость продукции. Только в этом случае они будут конкурентоспособны с другими отечественными и зарубежными производителями [6, 7].

В последние годы особое внимание в агроинженерных исследованиях уделялось вопро-



сам эффективного и бережного использования природных ресурсов, экономии энергии, интегрированной защиты растений, а также развитию системной инженерии. Агроинженерная наука может обеспечить современное решение этих проблем путем расширения области исследований, разработкой комплексных методов проведения экспериментов, выполнением прецизионных анализов разных решений [2].

В век глобальной компьютеризации и программного обеспечения сельскохозяйственное производство не может стоять в стороне от данных императивов научно-технического прогресса. Оно просто обязано переходить на новый качественный уровень, то есть использовать конвергентный подход.

### Экспериментальная база

В 2016 г. на опытном поле агрономической компании СТК-Агро в Серафимовичском районе Волгоградской области на темно-каштановых почвах был заложен полнофакторный полевой эксперимент по определению наивысшей продуктивности различных сортов озимой пшеницы при местных почвенно-климатических условиях. Ежегодно в крупномасштабном опыте на площади 16 га проводится экологическое испытание 25 сортов озимой пшеницы российской селекции с различными уровнями питания, применения стимуляторов роста в трехкратной повторности.

Почва опытного участка по гранулометрическому составу — средний суглинок; содержание гумуса в пахотном слое почвы — 3,7-3,8%, содержание  $P_2O_5$  — 20,25-21,6,  $K_2O$  — 335-315, гидролиземого азота — 84-68,6 мг/кг почвы; реакция водной вытяжки — pH-7,4; содержание В — 0,8-1,2, Mn — 4,2-7,2, Zn — 0,2-0,45, Cu — 0,03-0,04, Co — 0,03-0,04 мг/кг сухой почвы.

Гидротермический коэффициент, который является самым совершенным показателем уровня влагообеспеченности территории, в период весенней вегетации озимой пшеницы в 2017 г. составил 0,8 ед., 2018 г. — 0,6 ед., в 2019 г. — 0,8 ед., что характеризует условия произрастания озимой пшеницы в опыте в 2017 и 2019 гг. как засушливые, а в 2018 г. как очень засушливые.

В опытах наряду с традиционными удобрениями (аммофос, аммиачная селитра) используется многокомпонентный органоминеральный комплекс новейшего поколения Полидон Биоуниверсал. Комплексы элементов питания с полисахаридами, обладающие быстрым проникающим эффектом, антидоты, иммуномодуляторы и подобранные с учетом потребности каждой культуры. Действующими веществами препарата Полидон Биоуниверсал являются гуминовые и фульвовые кислоты, ростовые вещества природного происхождения (ауксины, цитокинины, брассинолиды), микроэлементы, аминокислоты и полисахариды. Внесение препарата Полидон Биоуниверсал осуществляли мелкодисперсным опрыскиванием. Оптимальные дозировки в данной зоне при существующем уровне влагообеспеченности составляют 0,5 л/га, то есть 0,5 л на 10000 м<sup>2</sup> или на 4 млн растений, что, с нашей точки зрения, позволяет их относить к нано-частицам. Для сравнения можно сказать, что норма внесения аммиачной селитры в одну подкормку составляет в среднем 100 кг/га в физическом весе, то есть в 200 раз больше.

### Ход исследования

Из 25 высеваемых сортов озимой пшеницы нами были отобраны 4 сорта с характерными особенностями, среди них сорт Дон 93 — старый испытанный сорт, до сих пор являющийся стандартом для данного региона.

В опыте рассматривали 4 сорта озимой пшеницы (1. Дон 93 — стандарт; 2. Краса Дона; 3. Лилит; 4. Капитан) и 4 уровня минерального питания (1. Аммофос 60 кг/га при посеве; 2. Аммофос 60 кг/га при посеве; Полидон Биоуниверсал 0,5 л/га в фазе кущения; Полидон Биоуниверсал 0,5 л/га в фазе колошения; 3. Аммофос 60 кг/га при посеве; весеннее кущение — аммиачная селитра 130 кг/га; Полидон Биоуниверсал 0,5 л/га в фазе кущения; Полидон Биоуниверсал 0,5 л/га в фазе колошения; 4. Аммофос 60 кг/га при посеве; весеннее кущение — аммиачная селитра 130 кг/га).

Посев проводили в установленные сроки сеялкой СЗ-3,6 с одинаковой нормой высева — 4,0 млн/га всхожих семян и глубиной заделки семян 5-6 см.

В опыте проводили фенологические наблюдения, изучение биометрических показателей, таких как высота растений, длина колоса, подсчет элементов структуры урожая — количество продуктивных стеблей, массу 1000 зерен, количество зерен в колосе, массу зерна с одного колоса. Определяли содержание белка и клейковины в зерне.

### Результаты и обсуждение

В среднем за 3 года наибольшее количество продуктивных стеблей — 487 шт./м<sup>2</sup> формировалось у сорта Краса Дона при третьем уровне минерального питания. У сорта Лилит при этом же уровне питания продуктивных стеблей формировалось на 12 шт./м<sup>2</sup> меньше, у сорта Капитан при этом же уровне питания продуктивных стеблей формировалось на 19 шт./м<sup>2</sup> меньше, чем на сорте Краса Дона. У сорта Дон 93, который считается стандартом в регионе, на первом уровне питания формировалось 443 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей.

По уровню минерального питания наименьшее количество продуктивных стеблей формировалось на первом уровне питания, на котором подкормки не проводили, а только лишь вносили аммофос 60 кг/га при посеве. Самое

маленькое количество продуктивных стеблей на данном уровне питания было у сорта Дон 93. В 2017 г. оно составляло 442 шт./м<sup>2</sup>, в 2018 г. — 449 шт./м<sup>2</sup>. У сорта Капитан число продуктивных стеблей было на 6 шт./м<sup>2</sup> больше, у сорта Лилит — на 10 шт./м<sup>2</sup> больше, у сорта Краса Дона — на 24 шт./м<sup>2</sup> больше. В 2019 г. число продуктивных стеблей составляло 437 шт./м<sup>2</sup>. У сорта Капитан число продуктивных стеблей было на 2 шт./м<sup>2</sup> больше, у сорта Лилит — на 6 шт./м<sup>2</sup> больше, у сорта Краса Дона — на 20 шт./м<sup>2</sup> больше. В среднем за 2017-2019 гг. число продуктивных стеблей у сорта Дон 93 на первом уровне питания составляло 443 шт./м<sup>2</sup>. У сорта Капитан продуктивных стеблей было на 4 шт./м<sup>2</sup> больше, у сорта Лилит — на 8 шт./м<sup>2</sup> больше, у сорта Краса Дона — на 22 шт./м<sup>2</sup> больше (табл. 1).

В среднем за 2017-2019 гг. масса зерна с одного колоса озимой пшеницы находилась в пределах от 0,93 г у сорта Дон 93 при первом уровне минерального питания до 1,16 г у сорта Краса Дона при третьем уровне питания. На первом уровне минерального питания масса зерна с одного колоса была от 0,93 г у сорта Дон 93 до 1,04 г у сорта Краса Дона.

На втором уровне минерального питания масса зерна с одного колоса у сорта Дон 93 и Краса Дона была на 0,04 г больше, у сорта Капитан — на 0,06 г больше, а у сорта Лилит — на 0,08 г больше, чем на первом уровне. На четвертом уровне минерального питания масса зерна с одного колоса у сорта Дон 93 была на 0,07 г больше, чем на первом уровне, у сорта Капитан — на 0,08 г больше, у сорта Краса Дона — на 0,10 г больше и у сорта Лилит — на 0,13 г больше, чем на первом уровне.

На третьем уровне питания формировалась самая большая масса зерна с одного колоса. В среднем за 3 года исследований у сорта Дон 93 она была на 0,09 г больше, чем на первом уровне, у сорта Капитан — на 0,10 г больше, у сорта Краса Дона — на 0,12 г больше и у сорта Лилит — на 0,14 г больше, чем на первом уровне (табл. 2).

В 2017 г. наибольшая биологическая урожайность — 5,64 т/га формировалась на третьем уровне минерального питания у сорта Краса Дона. При этом же уровне питания у сорта Лилит биологическая урожайность формировалась на 0,48 т/га меньше, у сорта Капитан биологическая

Таблица 1

Количество продуктивных стеблей (среднее за 2017-2019 гг.), шт./м<sup>2</sup>

Уровни минерального питания	Дон 93	Краса Дона	Лилит	Капитан
Первый уровень	443	465	451	447
Второй уровень	449	469	456	454
Третий уровень	457	487	475	468
Четвертый уровень	451	473	460	465

Таблица 2

Масса зерна с одного колоса (среднее за 2017-2019 гг.), г

Уровни минерального питания	Дон 93	Краса Дона	Лилит	Капитан
Первый уровень	0,93	1,04	0,96	0,95
Второй уровень	0,97	1,08	1,06	1,01
Третий уровень	1,02	1,16	1,10	1,05
Четвертый уровень	1,00	1,14	1,09	1,03



урожайность была на 0,75 т/га меньше, чем у сорта Краса Дона. У сорта Дон 93, который считается стандартом в регионе, при этом же уровне питания биологическая урожайность была меньше, чем у всех остальных сортов и равнялась 4,67 т/га.

По уровню минерального питания наименьшая биологическая урожайность формировалась на первом уровне питания, на котором подкормки не проводили, только лишь вносили аммофос 60 кг/га при посеве. Самая низкая биологическая урожайность — 4,11 т/га на данном уровне питания была у сорта Дон 93. У сорта Капитан биологическая урожайность была на 0,14 т/га больше, у сорта Лилит — на 0,20 т/га больше, у сорта Краса Дона — на 0,71 т/га больше.

В 2018 г. наибольшая биологическая урожайность — 5,72 т/га формировалась на третьем уровне минерального питания у сорта Краса Дона. При этом же уровне питания у сорта Лилит биологическая урожайность формировалась на 0,48 т/га меньше, у сорта Капитан биологическая урожайность была на 0,78 т/га меньше, чем у сорта Краса Дона. У сорта Дон 93 при этом же уровне питания биологическая урожайность была меньше, чем у всех остальных сортов и равнялась 4,73 т/га.

По уровню минерального питания наименьшая биологическая урожайность формировалась на первом уровне питания, на котором подкормки не проводили, только лишь вносили аммофос 60 кг/га при посеве. Самая низкая биологическая урожайность — 4,19 т/га на данном уровне питания была у сорта Дон 93. У сорта Капитан биологическая урожайность была на 0,16 т/га больше, у сорта Лилит — на 0,24 т/га больше, у сорта Краса Дона — на 0,75 т/га больше.

В 2019 г. наибольшая биологическая урожайность — 5,58 т/га также формировалась на третьем уровне минерального питания у сорта Краса Дона. При этом же уровне питания у сорта Лилит биологическая урожайность формировалась на 0,38 т/га меньше, у сорта Капитан биологическая урожайность была на 0,70 т/га меньше, чем у сорта Краса Дона. У сорта Дон 93 при этом же уровне питания биологическая урожайность была меньше, чем у всех остальных сортов и равнялась 4,59 т/га.

По уровню минерального питания наименьшая биологическая урожайность формировалась на первом уровне питания, на котором подкормки не проводили, только лишь вносили аммофос 60 кг/га при посеве. Самая низкая биологическая урожайность — 4,05 т/га на данном уровне питания была у сорта Дон 93. У сорта Капитан биологическая урожайность была на 0,10 т/га больше, у сорта Лилит — на 0,18 т/га больше, у сорта Краса Дона — на 0,69 т/га больше.

В среднем за 2017-2019 гг. наибольшая биологическая урожайность — 5,65 т/га формировалась у сорта Краса Дона при третьем уровне минерального питания. При этом же уровне питания у сорта Лилит биологическая урожайность формировалась на 0,43 т/га меньше, у сорта Капитан биологическая урожайность в среднем за 2018-2019 гг. была на 0,74 т/га меньше, чем у сорта Краса Дона. У сорта Дон 93, который считается стандартом в регионе, при этом же уровне питания биологическая урожайность была меньше, чем у всех остальных сортов и равнялась 4,66 т/га.

По уровню минерального питания наименьшая биологическая урожайность формировалась на первом уровне питания, на котором подкормки не проводили, только лишь вносили аммофос 60 кг/га при посеве. На первом уровне минерального питания биологическая урожайность была от 4,12 т/га у сорта Дон 93 до 4,84 т/га у сорта Краса Дона.

На втором уровне минерального питания биологическая урожайность у сорта Краса Дона была на 0,23 т/га, у сорта Дон 93 — на 0,24 т/га, у сорта Капитан — на 0,34 т/га, а у сорта Лилит — на 0,50 т/га больше, чем на первом уровне. На четвертом уровне минерального питания биологическая урожайность у сорта Дон 93 была на 0,39 т/га больше, чем на первом уровне, у сорта Капитан — на 0,54 т/га больше, у сорта Краса Дона — на 0,55 т/га больше и у сорта Лилит — на 0,68 т/га больше, чем на первом уровне.

На третьем уровне питания формировалась самая большая биологическая урожайность. В среднем за 3 года исследований у сорта Дон 93 она была на 0,54 т/га больше, чем на первом уровне, у сорта Капитан — на 0,66 т/га больше, у сорта Краса Дона — на 0,81 т/га больше и у со-

рта Лилит — на 0,89 т/га больше, чем на первом уровне (табл. 3).

В среднем за 2017-2019 гг. в проведенных нами опытах наименьшее содержание белка наблюдалось на первом уровне питания — от 10,4% у сорта Дон 93 и сорта Лилит до 11,5% у сорта Капитан. На втором уровне питания содержание белка было от 10,6% у сорта Дон 93 до 11,6% у сорта Капитан. На четвертом уровне минерального питания содержание белка у всех сортов было больше, чем на первом и втором уровнях питания, но меньше, чем на третьем уровне. Наибольшее содержание белка было на третьем уровне с применением аммофоса, аммиачной селитры и Полидон Биоуниверсала — от 11,0% у сорта Дон 93 до 12,3% у сорта Капитан (табл. 4).

### Выводы

Таким образом, в проведенных нами опытах на темно-каштановых почвах Волгоградской области в 2017-2019 гг. было доказано преимущество мелкодисперсного внесения инновационного продукта — препарата Полидон Биоуниверсал в фазе весеннего кушения и колосения различных сортов озимой пшеницы в дозе 0,5 л/га.

### Область применения результатов

Результаты, полученные в опыте, несомненно, имеют большой практический интерес для сельхозтоваропроизводителей данного региона. Зона Нижнего Поволжья в так называемом зерновом поясе России занимает одно из главных мест по площади посева и валовому сбору высококачественной продовольственной пшеницы. Поэтому совершенствование технологии ее возделывания в данном регионе, внедрение инновационных разработок, биотехнологий, в том числе и нано-частиц, прецизионного земледелия, программирования урожая в сельскохозяйственное производство имеет большую значимость и актуальность.

### Литература

1. Балашов В.В., Набойченко К.В. Отзывчивость местных сортов на нормы высевы и биологически-активные вещества // Плодородие. 2009. № 6. С. 38-39.
2. Дринча В.М., Борисенко И.Б., Плескачев Ю.Н. Агротехнические аспекты развития почвозащитных технологий: монография. Волгоград: Перемена, 2004. 146 с.
3. Кузин А.Г. Агротехнологические приемы повышения продуктивности озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Кормопроизводство. 2016. № 4. С. 61-73.
4. Мирошниченко Д.Н., Шульга О.А., Тимербаев В.Р., Долгов С.В. Достижения, проблемы и перспективы получения нетрансгенных растений с отредактированным геномом // Биотехнология. 2019. Т.35. № 1. С. 3-26.
5. Овчинников А.С., Борисенко И.Б., Плескачев Ю.Н. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур при возделывании их с применением инновационных технологий: монография. Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. 124 с.
6. Плескачев Ю.Н., Сарычев А.Н. Влагообеспеченность и продуктивность озимой пшеницы при различных технологиях возделывания в зоне влияния лесной полосы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 111-118.
7. Плескачев Ю.Н., Черноморов Г.В., Бугреев Н.А., Панов А.А., Скорыходов Е.А. Экономическая эффективность

Биологическая урожайность (среднее за 2017-2019 гг.), т/га

Уровни минерального питания	Дон 93	Краса Дона	Лилит	Капитан
Первый уровень	4,12	4,84	4,33	4,25
Второй уровень	4,36	5,07	4,83	4,59
Третий уровень	4,66	5,65	5,22	4,91
Четвертый уровень	4,51	5,39	5,01	4,79

Таблица 3

Содержание белка (среднее за 2017-2019 гг.), %

Уровни минерального питания	Дон 93	Краса Дона	Лилит	Капитан
Первый уровень	10,4	10,7	10,4	11,5
Второй уровень	10,6	10,9	10,7	11,6
Третий уровень	11,0	11,4	11,1	12,3
Четвертый уровень	10,9	11,4	11,0	12,2

Таблица 4





способов основной обработки почвы и удобрений при возделывании озимой пшеницы // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 135-140.

8. Шевяхова Е.А., Медведев Г.А. Влияние норм высева и удобрений на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы // Проблемы и тенденции устойчивого развития аграрной сферы: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию победы в Сталинградской битве. Волгоград, 2008. С. 34-37.

9. Amos M. Theoretical and Experimental DNA Computation. Berlin: Springer. 2005. P. 27-44.

10. Bueno O. The Drexler-Smalley Debate on Nanotechnology: Incommensurability at Work? Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry University of Karlsruhe, Institute of Philosophy. 2004. No. 10 (2). Pp. 83-98.

11. Drexler E.K. Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation. New York: John Wiley & Sons Inc. 1992. Pp. 72-87.

12. Freitas R. Economic Impact of the Personal Nanofactory. Nanotechnology Perceptions: A Review of Ultra-precision Engineering and Nanotechnology. 2006. No. 2. Pp. 111-126.

13. Norman G., Parker D., Kwiatkowska M., Shukla S. Evaluating the Reliability of Defect-Tolerant Architectures for Nanotechnology with Probabilistic Model Checking. Proceedings of the 17 th International Conference on VLSI Design. Washington: IEEE Computer Society. 2004. Pp. 907-914.

14. Roco M., Bainbridge W. (eds). Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Arlington: Kluwer Academic Publisher. 2004. Pp. 24-48.

15. Wolfram S.A. New Kind of Science. Champaign: Wolfram Media Inc. 2002.

#### Об авторах:

**Воронов Сергей Иванович**, доктор биологических наук, директор, vci08@mail.ru

**Плескачев Юрий Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления центра по земледелию, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5771-5021>, Scopus ID: 57200109225, pleskachiov@yandex.ru

**Ильяшенко Павел Валерьевич**, соискатель, dir.stk@yandex.ru

## A CONVERGENT APPROACH TO THE MANAGEMENT OF THE WINTER WHEAT CROP

S.I. Voronov<sup>1</sup>, Yu.N. Pleskachev<sup>1</sup>, P.V. Ilyashenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal research center "Nemchinovka", Moscow region

<sup>2</sup>Volgograd state agricultural university, Volgograd, Russia

In the article, the experience of programming and managing the winter wheat harvest in the rain-fed conditions of dark chestnut soils of the Lower Volga region is considered through a convergent approach. Nano, bio, and information technologies were used to build the experiment. In 2016, a full-factor field experiment was launched to determine the highest productivity of various winter wheat varieties under local soil and climate conditions. In the experiment, 4 varieties of Don 93, Krasa Dona, Lilit, and Kapitana were selected from 25 varieties of Russian selection undergoing environmental testing at 4 levels of mineral nutrition for detailed study. The largest number of productive stems 487 pieces per square meter on average for three years was formed in the variety Krasa Dona at the third level of mineral nutrition using the organomineral complex Polydon Biouniversal. The weight of grain from one ear of winter wheat ranged from 0.93 grams for the Don 93 variety at the first level of mineral nutrition to 1.16 grams for the Krasa Dona variety at the third level of nutrition. The lowest biological yield was formed at the first level of nutrition, at which no fertilizing was carried out, only 60 kg/ha of ammophos was introduced during sowing. The maximum biological yield of 5.65 t/ha was formed in the Krasa Dona variety at the third level of mineral nutrition. The lowest protein content was observed at the first level of nutrition from 10.4% in the don 93 variety and Lilit variety to 11.5% in the Captain variety. The highest protein content was at the third level with the use of ammophos, ammonium nitrate and Polydon Biouniversal from 11.0% in the Don 93 variety to 12.3% in the Captain variety. As a result of three-year experiments, the advantage of fine-dispersed application of the innovative product Polydon Biouniversal in the phase of spring tillering and earing of various varieties of winter wheat at a dose of 0.5 liters per hectare was proved.

**Keywords:** convergent approach, winter wheat, varieties, fertilizers, growth promoters, yield.

#### References

1. Balashov V.V., Nabojchenko K.V. Responsiveness of local varieties to seeding rates and biologically active substances. *Plodородie = Fertility*. 2009. No. 6. Pp. 38-39.

2. Drincha V.M., Borisenko I.B., Pleskachev Yu.N. Agronomic aspects of the development of soil conservation technologies: monograph. Volgograd: Peremena, 2004. 146 p.

3. Kuzin A.G. Agrotechnological techniques for increasing the productivity of winter wheat in the Lower Volga region. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*. 2016. No. 4. Pp. 61-73.

4. Miroshnichenko D.N., Shulga O.A., Timerbaev V.R., Dolgov S.V. Achievements, problems and prospects for obtaining non-transgenic plants with an edited genome. *Biotekhnologiya = Biotechnology*. 2019. Vol. 35. No. 1. Pp. 3-26.

5. Ovchinnikov A.S., Borisenko I.B., Pleskachev Yu.N. Programming the yield of agricultural crops when cultivating them with the use of innovative technologies: monograph. Volgograd: Volgograd state agricultural academy, 2011. 124 p.

6. Pleskachev Yu.N., Sarychev A.N. Moisture availability and productivity of winter wheat under various cultivation

technologies in the zone of influence of the forest strip. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i veshchee professionalnoe obrazovanie = News of the Lower Volga agricultural university complex: science and higher professional education*. 2017. No. 2 (46). Pp. 111-118.

7. Pleskachev Yu.N., Chernomorov G.V., Bugreev N.A., Panov A.A., Skorokhodov E.A. Economic efficiency of methods of basic soil treatment and fertilizers in the cultivation of winter wheat. *Problemy razvitiya APK regiona = Problems of agricultural development in the region*. 2019. No. 2 (38). Pp. 135-140.

8. Shevyakhova E.A., Medvedev G.A. Influence of seeding rates and fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain varieties. Problems and trends of sustainable development of the agricultural sector: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the victory in the battle of Stalingrad. Volgograd, 2008. Pp. 34-37.

9. Amos M. Theoretical and Experimental DNA Computation. Berlin: Springer. 2005. Pp. 27-44.

10. Bueno O. The Drexler-Smalley Debate on Nanotechnology: Incommensurability at Work? Hyle: International

Journal for Philosophy of Chemistry University of Karlsruhe, Institute of Philosophy. 2004. No. 10 (2). Pp. 83-98.

11. Drexler E.K. Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation. New York: John Wiley & Sons Inc. 1992. Pp. 72-87.

12. Freitas R. Economic Impact of the Personal Nanofactory. Nanotechnology Perceptions: A Review of Ultra-precision Engineering and Nanotechnology. 2006. No. 2. Pp. 111-126.

13. Norman G., Parker D., Kwiatkowska M., Shukla S. Evaluating the Reliability of Defect-Tolerant Architectures for Nanotechnology with Probabilistic Model Checking. Proceedings of the 17 th International Conference on VLSI Design. Washington: IEEE Computer Society. 2004. Pp. 907-914.

14. Roco M., Bainbridge W. (eds). Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Arlington: Kluwer Academic Publisher. 2004. Pp. 24-48.

15. Wolfram S.A. New Kind of Science. Champaign: Wolfram Media Inc. 2002.

#### About the authors:

**Sergey I. Voronov**, doctor of biological sciences, director, vci08@mail.ru

**Yuri N. Pleskachev**, doctor of agricultural sciences, professor, head of the scientific direction of the center for agriculture, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5771-5021>, Scopus ID: 57200109225, pleskachiov@yandex.ru

**Pavel V. Ilyashenko**, applicant, dir.stk@yandex.ru



# ИЗМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМАХ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИ НЕОПРАВДАННОМ УВЕЛИЧЕНИИ ИХ ДОЗ

**В.В. Гукалов<sup>1</sup>, С.И. Баршадская<sup>2</sup>, А.Е. Сорокин<sup>3</sup>,  
В.И. Савич<sup>4</sup>, Суккар Лама<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>ФГУП ППЗ «Северо-Кавказская зональная опытная станция по птицеводству»  
Россельхозакадемии, Ставропольский край

<sup>2</sup>Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция — филиал  
ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко», Краснодарский край

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный  
исследовательский университет)», г. Москва

<sup>4</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет —  
МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Экономическая эффективность применения минеральных удобрений для повышения урожая сельскохозяйственных культур зависит от сочетания свойств почв, уровня оптимизации всех звеньев систем земледелия, погодных условий, выращиваемых культур. В проведенных исследованиях на многолетних опытах, заложенных на дерново-подзолистых почвах Московской области (опыты кафедры растениеводства РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева) и на обыкновенных черноземах Краснодарского края (опыты Северо-Кубанской сельскохозяйственной опытной станции), показано проявление закона «убывающей отдачи» по уменьшению роста подвижных форм NPK и гумуса на 1 ц вносимых удобрений. При этом отмечалось уменьшение эффективности применения удобрений по влиянию на биохимический состав растений, биопродуктивность угодий, запасы энергии в почве и в урожае. По полученным данным, изменение рН на 1 т CaCO<sub>3</sub> на дерново-подзолистых почвах составляло при дозе 6 т/га 0,17, а при дозе 50 т/га — 0,03. В черноземах увеличение содержания подвижных форм NPK на 1 кг внесенных удобрений при дозе 30 и 120 кг/га составило соответственно: N — 0,06 и 0,02; K<sub>2</sub>O — 1,5 и 0,61. Увеличение содержания белка в озимой пшенице на 1 кг внесенных удобрений составило при дозе 30 и 120 кг/га соответственно 0,03 и 0,01. Отчуждение с поля зерна озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах при внесении удобрений на использование растениями 2% ФАР и 3% ФАР на 1 ц NPK составило соответственно 0,39 и 0,22 для максимального по погодным условиям урожая и 0,005 и 0,002 — для минимального по погодным условиям урожая. Предлагается учитывать степень проявления закона «убывающей отдачи» при оценке плодородия почв, цены земель, при составлении систем удобрений.

**Ключевые слова:** почва, урожай, экономическая эффективность, удобрения.

Кислотно-основное и окислительно-восстановительное состояние почв существенно влияет на степень проявления в почвах закона «убывающего плодородия» (закона убывающей отдачи). Этот закон проявляется как при уменьшении дохода на 1 руб. затрат при выращивании культур, так и по уменьшению содержания подвижных форм биодоступных элементов в почвах при увеличении доз удобрений. Это подтверждается экспериментальными данными, рассчитанными для опытных полей и стационарных площадок РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева на дерново-подзолистых почвах Московской области, на опытных полях Северо-Кубанской сельскохозяйственной опытной станции.

Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы хозяйства «Михайловское» Московской области — многолетние опыты кафедры растениеводства РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева [3, 6] и обыкновенные малогумусные мощные глинистые черноземы Краснодарского края — многолетние опыты Северо-Кубанской сельскохозяйственной опытной станции [3, 2].

Методика исследования состояла в оценке степени проявления закона убывающей отдачи при применении повышенных доз удобрений.

Оценка проводилась по изменению урожайности на 1 кг NPK, по изменению при этом энергетических показателей, содержания гумуса, подвижных форм азота, фосфора, калия, почвоутомления, структуры почв, биохимического состава растений.

На среднеокультуренной дерново-подзолистой почве при прогнозе использования растениями 2% ФАР дозы удобрений составили: 122 кг/га — азота, 15,1 кг/га — фосфора, 95,2 кг/га — калия, а на усвоение 3% ФАР: 162,4 кг/га — азота, 23,3 кг/га — фосфора, 128,5 — кг/га калия.

Дозы удобрений, принятые в севообороте на обыкновенных черноземах Краснодарского края, составляли N<sub>45</sub>P<sub>50</sub>K<sub>30,5</sub> и N<sub>85,6</sub>P<sub>106</sub>K<sub>71,2</sub> при оценке влияния доз удобрений на проявление закона убывающей отдачи, и N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и

N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> — при оценке влияния предшественников на урожай.

## Экспериментальная часть

1. Закон убывающего плодородия проявляется при применении возрастающих доз удобрений не только в снижении дохода на 1 руб. затрат, но и в уменьшении прироста содержания подвижных форм биодоступных элементов на 100 кг внесенных удобрений. В проведенных исследованиях показано, что закон убывающей отдачи проявляется и по увеличению подвижных форм биодоступных элементов в почвах при увеличении доз удобрений. Это иллюстрируется данными таблицы 1.

Как видно из представленных в таблице 1 данных, при внесении повышенных доз CaCO<sub>3</sub> положительный эффект от их действия ослабевает.

Таблица 1

Изменение рН в дерново-подзолистых почвах (площадка 2) при внесении 6 и 50 т/га CaCO<sub>3</sub> (на 1 т CaCO<sub>3</sub>)

Вариант	Оптимальная влажность	Избыточная влажность
6 т/га	0,17	0,05
50 т/га	0,03	0,006



Н.И. Аканова (2004) также отмечает, что для дерново-подзолистых почв, по мере увеличения доз извести, возрастает величина общего сдвига pH, однако уменьшается сдвиг pH от 1 т извести.

Изменение содержания подвижных фосфатов при внесении повышенных доз удобрений приведено в таблице 2.

Как видно из представленных в таблице 2 данных, возрастание содержания подвижных фосфатов в почвах уменьшилось при увеличении их доз с 15 до 23 кг  $P_2O_5$  на 1 га.

Аналогичная ситуация отмечается и при внесении возрастающих доз NPK на обыкновенных черноземах. Это иллюстрируется данными таблицы 3.

Как видно из представленных в таблице 3 данных, при внесении повышенных доз азота и калия проявляется закон убывающей отдачи. Увеличение содержания подвижных фосфатов

в почвах при внесении повышенных доз NPK, очевидно, обусловлено некоторым подкислением почв при внесении физиологически кислых удобрений.

Увеличение содержания подвижных форм N, P, K на 1 кг внесенных удобрений при дозе 30 и 120 кг/га составило соответственно: N — 0,06 и 0,02;  $P_2O_5$  — 0,18 и 0,29;  $K_2O$  — 1,5 и 0,61.

Как видно из представленных в таблице 4 данных, в черноземах (в почвах с высокой емкостью поглощения) также проявляется закон убывающей отдачи при внесении повышенных доз NPK на содержание их подвижных форм в почвах.

При повышении доз удобрений выше оптимума для каждой почвы и культуры проявляется закон убывающей отдачи: уменьшается прирост урожая на 1 ц NPK, на 1 руб. затрат. В то же время одновременно происходят изменения и свойств почв. При этом проявляются 2 противоположные

тенденции. С увеличением доз удобрений увеличивается их миграция в воду, испарение из почв. Это приводит к увеличению степени проявления закона убывающей отдачи.

При умеренных дозах удобрений увеличивается содержание в почве водорастворимых подвижных форм биодоступных элементов. Однако при неоправданно высоких дозах для одних почв ярче проявляется неблагоприятное изменение других свойств почв (pH, Eh и т.д.), в реакцию вступают более труднодоступные сорбционные места почвенного поглощающего комплекса, что уменьшает долю подвижных форм биодоступных элементов в почвах. При заполнении всех сорбционных мест резко увеличивается ионная сила почвенных растворов, появляются токсичные концентрации ряда элементов. В конечном итоге закон убывающей отдачи проявляется и на плодородии почв.

2. Кислотно-основное и окислительно-восстановительное состояние почв определяет групповой и фракционный состав гумуса при наличии прямых и обратных, в том числе последовательных, связей. Повышенные дозы удобрений изменяют кислотно-основное и окислительно-восстановительное состояние почв, содержание, групповой и фракционный состав гумуса. Для изученных дерново-подзолистых почв это иллюстрируется данными таблицы 5 (по материалам Н.Х. Исмагиловой) [6].

Как видно из представленных в таблице 5 данных, при увеличении степени окультуренности почв и при внесении удобрений возрастает содержание C, отношение Cгк/Сфк и соответственно урожай.

Величина  $pH_{KCl}$  слабоокультуренной почвы равнялась 4,3, хорошо окультуренной — 5,9. Окислительно-восстановительный потенциал равнялся для удобренной почвы 590 мВ, для не-удобренной — 618 мВ [12]. Это подтверждает известное положение о том, что при кислой реакции среды отношение Cгк/Сфк уменьшается. Аналогичная реакция отмечается в щелочной среде, при оглеении, то есть при низком значении Eh. Увеличение содержания гумуса и отношения Cгк/Сфк приводит к образованию агрономически ценной структуры почв.

3. Кислотно-основное и окислительно-восстановительное состояние почв и образование агрономически ценной структуры. Окислительно-восстановительный потенциал на поверхности и внутри структурных отдельностей, в более крупных агрегатах и в более мелких.

По полученным нами данным, в структурных отдельностях 5-3 мм пахотного горизонта дерново-подзолистых почв Eh составлял для удобренной и не-удобренной среднеокультуренной почвы соответственно 618 и 630 мВ, а для агрегатов < 0,25 мм — 410 и 495 мВ соответственно. В слабоокультуренной дерново-подзолистой почве содержание агрегатов > 3 мм составляло 0,11%, а в хорошо окультуренной — 0,58%. Внесение в почвы минеральных удобрений значительно повысило в них содержание агрегатов > 3 мм: в среднеокультуренных почвах — от 0 до 3,9%, в хорошо окультуренных — от 0,6 до 26,0%. Однако в большей степени повысило содержание агрегатов > 3 мм внесение пожнивных остатков пшеницы 3 г на 100 г почв: в среднеокультуренных почвах при малой и средней дозе NPK — от 15,7 до 19,2%, а в хорошо окультуренных — от 10,0 до 42,4%.

Таблица 2

Изменение содержания подвижных фосфатов ( $\Delta$  мг/100 г на 100 кг внесенного  $P_2O_5$ ) в дерново-подзолистых среднеокультуренных почвах под викоовсяной смесью

Вариант	Содержание $P_2O_5$ , мг/100 г		$\Delta P_2O_5$ в почве $\Delta P_2O_5$ удобрений
	в почве	по сравнению с контролем	
$OK_2 + 15,1$ кг $P_2O_5$	18,2±1,5	Δ7,2	0,46
$OK_2 + 23,3$ кг $P_2O_5$	16,5±2,1	Δ5,5	0,24

Таблица 3

Проявление закона убывающей отдачи при внесении повышенных доз удобрений на обыкновенных черноземах Краснодарского края под озимой пшеницей (предшественник — озимая пшеница)

Вариант	Содержание подвижных форм		
	N	P	K
Контроль	9,5	12,7	341
$N_{30}P_{30}K_{30}$	11,2	18,1	387
$N_{120}P_{120}K_{120}$	12,5	48,5	415

Таблица 4

Проявление закона убывающей отдачи по изменению содержания биодоступных элементов в почве при увеличении доз удобрений ( $N_{45}P_{53}K_{96} - 1, N_{90}P_{106}K_{72} - 2$ ).

Вариант	N- $NO_3$ — N- $NH_4$	$P_2O_5$	$K_2O$
	$\Delta$ мг/100 г при внесении 1 кг NPK на 1 га		
Озимая пшеница			
1	0,05	0,33	0,45
2	0,03	0,27	0,31
Подсолнечник			
1	0,03	0,55	0,68
2	0,03	0,19	0,42
Сахарная свекла			
1	0,02	0,31	0,66
2	0,04	0,31	0,51

Таблица 5

Изменение содержания и состава гумуса дерново-подзолистых почв в зависимости от степени окультуренности и доз вносимых удобрений

Вариант	C, %	C( $H_2O$ ), мг/кг	Cгк/Сфк	Урожай картофеля, ц/га
$OK_1$	0,93	5,9	0,46	78
$OK_3$	1,19	10,7	0,70	145
$OK_3 + N_{120}P_{111}K_{267}$	1,40	21,1	0,86	357



Таблица 6

Изменение содержания клейковины и белка в зерне озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений

Вариант	Увеличение содержания клейковины и белка на 1 кг вносимых удобрений (озимая пшеница по озимой пшенице)	
	клейковина	белок
$N_{30} P_{30} K_{30}$	0,03	0,03
$N_{120} P_{120} K_{120}$	0,04	0,01

В обыкновенных черноземах структурное состояние почв (У) также в значительной степени зависит от содержания органического вещества (Г) и в меньшей степени от рН и содержания подвижных форм  $P_2O_5$ ,

$$Y = -0,99 + 0,68Г + 0,08рН + 0,01P_2O_5;$$

$$r = 0,69; F = 4,3.$$

Внесение в почву навоза и сложного органико-минерального компоста привело к увеличению содержания агрегатов 2-1 мм от 15,5 до 16,8 и 18,8%, агрегатов 1-0,5 мм — от 11,6 до 13,0 и 15,0%. Это соответствует установленной структурообразующей и комплексообразующей способности органических веществ [10].

4. Кислотно-основное и окислительно-восстановительное состояние почв определяет плодородие почв и урожай сельскохозяйственных культур. Однако при интенсификации сельскохозяйственного производства также проявляется закон убывающей отдачи [5, 6].

По полученным нами данным, для дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Московской области на опытах кафедры растениеводства РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева при дозе удобрений 174 и 313 кг д.в. на 1 га прирост урожая в кг на 1 кг NPK составил для пшеницы 2,5 и 0,8; для ячменя — 3,7 и 2,6 без орошения и 4,9 и 2,0 — для пшеницы и 4,1 и 2,2 — для ячменя при орошении [6, 9].

Как видно из представленных данных, с повышением доз удобрений степень проявления закона убывающей отдачи возрастала. Эта величина была выше для пшеницы и меньше для ячменя. Она уменьшалась при орошении почв.

Проявление закона убывающей отдачи отличается не только для отдельных культур, но и зависит от предшественников. Так, по полученным нами данным, для обыкновенных черноземов, в соответствии со схемой опыта, минимальная доза NPK и высокая доза NPK в кг/га д.в. отличалась для разных предшественников озимой пшеницы. Под эспарцет и горох минимальная доза N — 10,  $P_2O_5$  — 20,  $K_2O$  — 0; под озимую пшеницу — N — 30,  $P_2O_5$  — 30,  $K_2O$  — 30; высокая доза NPK под эспарцет и горох — N — 40,  $P_2O_5$  — 80,  $K_2O$  — 0; под озимую пшеницу — N — 120,  $P_2O_5$  — 120,  $K_2O$  — 120 кг д.в. на 1 га.

По полученным данным, повышение урожайности озимой пшеницы (ц/га на 1 кг NPK) составило при минимальной дозе NPK для варианта эспарцет в качестве предшественника — 0,02; при высокой дозе — 0,01; при наличии, в качестве предшественника, озимой пшеницы — 0,01 и 0,006 соответственно.

5. При применении повышенных доз минеральных удобрений закон убывающей отдачи проявляется и по изменению биохимического состава растений. Это иллюстрируют данные таблицы 6.

6. Проявление закона убывающей отдачи отмечается и при изменении под влиянием возрастающих доз удобрений энергетики почв. Применение минеральных удобрений и окультуривания почв повышает содержание энергии в биоте почв, гумусе, пожнивных остатках, фитомассе [1, 6, 8, 11]. Это иллюстрируют данные таблицы 7.

Как видно из представленных в таблице 7 данных, при окультуривании почв и внесении удобрений энергоемкость гумуса и фитомас-

Таблица 7  
Энергоемкость гумуса и фитомассы от степени окультуривания дерново-подзолистых почв и внесения удобрений, млн ккал/га (NPK внесено на использование 3% ФАР)

Культуры	OK <sub>1</sub>	OK <sub>2</sub>	OK <sub>2</sub> + NPK	OK <sub>3</sub>	OK <sub>3</sub> + NPK
Озимая пшеница	209/22,8	254/36,0	296/50,7	270/41,2	305/61,3
Картофель	203/21,6	249/25,1	310/46,7	266/25,4	14/41,6
Многолетние травы 2-го года	210/37,7	244/58,8	293/79,4	283/60,9	335/81,0

Примечание: В числителе — гумус, млн ккал/га; в знаменателе — фитомасса, млн ккал/га.

сы возрастает. При окультуривании под озимой пшеницей содержание гумуса возрастало в OK<sub>2</sub> — на 21%, в OK<sub>3</sub> — на 29%. При внесении высоких доз NPK энергоемкость гумуса на среднеокультуренной почве возросла на 11%, на хорошо окультуренной — на 11,3%. Под многолетними травами при окультуривании энергоемкость гумуса возрастала в OK<sub>2</sub> — на 11,6%, в OK<sub>3</sub> — на 13,5%. При внесении высоких доз удобрений энергоемкость гумуса возрастала в OK<sub>2</sub> — на 12%, в OK<sub>3</sub> — на 11,8%.

Закон убывающей отдачи проявляется и при выращивании культур при увеличивающихся дозах удобрений, оценивая энергоемкость урожая. Так, по полученным нами данным, при выращивании озимой пшеницы на хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве при внесении NPK из расчета использования посевыми 2% ФАР и 3% ФАР отчуждение с поля с урожаем составляло соответственно 29,3 и 25,3 млн ккал/га или на 1 ц NPK — 0,14 и 0,08 (t = 25 лет). Для максимального урожая эти величины были равны 0,39 и 0,22; для минимального по погодным условиям — 0,005 и 0,002.

В зависимости от плодородия почв, в том числе степени их окультуренности, на определенных почвах выгоднее выращивать ту или иную культуру. Так, например, на хорошо окультуренных почвах отчуждалось с урожаем пшеницы 55·10<sup>6</sup> ккал/га, с урожаем трав 1-го года — 44·10<sup>6</sup> ккал/га, а на слабоокультуренной почве отчуждалось с поля с урожаем пшеницы 10·10<sup>6</sup> ккал/га, а с урожаем трав 1-го года — 24·10<sup>6</sup> ккал/га, то есть на более окультуренных почвах выгоднее, с энергетической точки зрения, выращивание пшеницы, а на слабоокультуренной — многолетних трав.

Проявление закона убывающей отдачи проявляется и при выращивании сельскохозяйственных культур на обыкновенных черноземах. Так, по данным Романенко А.А., Баршевской С.И. и Гукалова В.В., при применении 30 кг N, 30 кг  $P_2O_5$  и 30 кг  $K_2O$  под озимую пшеницу (предшественник — озимая пшеница) выход совокупной энергии в ГДж/га составил 145,7; коэффициент чистой эффективности — 5,47. При применении высоких доз NPK по 120 кг/га выход совокупной энергии составил 181,1 ГДж/га, коэффициент чистой эффективности — 4,52. По данным авторов,

с увеличением доз удобрений общие энергозатраты зерна на единицу площади существенно возрастают и отличаются при выращивании культур по разным предшественникам.

### Заключение

В соответствии с законом убывающей отдачи каждое добавочное вложение труда и капитала в землю приносит все меньшую прибыль. При этом урожай и биопродуктивность угодий несколько возрастает.

Проявление этого закона установлено нами и на исследуемых дерново-подзолистых почвах опыта кафедры растениеводства РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева в хозяйстве «Михайловское» Московской области, и на обыкновенных черноземах Краснодарского края в хозяйстве «Заветы Ильича», и в длительном многофакторном стационарном опыте Северо-Кубанской сельскохозяйственной опытной станции.

С нашей точки зрения, оценку степени проявления закона убывающей отдачи целесообразно проводить по изменению дохода на 1 руб. затрат, по изменению получения продукции в ккал/га на 1 удобрений, в ц/га разных культур на 1 ц удобрений, по изменению поступления энергии в почву в ккал/га на 1 ц удобрений, на 1 руб. затрат.

Проявление закона убывающей отдачи будет отличаться в зависимости от интервалов доз N, P, K, их форм, от выращиваемой культуры, от сочетания свойств почв, от урожая, от уровня оптимизации всех свойств почв, от предшественников, от климатических условий, от уровня оптимизации всех звеньев систем земледелия.

### Литература

1. Аканова Н.И. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистых почв при интенсивном применении минеральных удобрений в сочетании с известкованием. В сборнике: Вопросы известкования почв. М.: ВНИИА, 2002. С. 11-18.
2. Гукалов В.В., Савич В.И. Интегральная оценка кислотно-основного состояния почв таежно-лесной и лесостепной зон. М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2019. 408 с.
3. Гукалов В.В., Савич В.И., Панова П.Ю. Интегральная оценка кислотно-основного состояния почв // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 3 (369). С. 64-68.





4. Демин В.А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте. М.: ТСХА, 1981. 91 с.
5. Жуков Ю.П. Комплексная химизация в интенсивных технологиях выращивания культур в Нечерноземье. М.: ТСХА, 1989. 89 с.
6. Замараев А.Г., Савич В.И., Сычев В.Г. Энергомассообмен в звене полевого севооборота. Ч. 2. М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2005. 336 с.

7. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Методика почвенно-климатической оценки пахотных земель для кадастра. М.: РАСХН, 2012. 122 с.
8. Савич В.И., Гатаулин А.М., Сычев В.Г. Оценка земель. М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2010. 402 с.
9. Савич В.И., Никиточкин Д.Н., Гераськин М.М. Оптимизация свойств почв в период интенсивного ведения сельскохозяйственного производства и загрязнения среды. М.: ВНИИА, 2014. 472 с.

10. Савич В.И., Торшин С.П., Белопухов С.Л., Панова П.Ю. Агроэкологическая оценка органо-минеральных соединений. Иркутск: Мегаринт, 2017. 298 с.
11. Савич В.И., Мосина Л.В., Норовсурэн Ж. Микробиологическая активность почв, как фактор почвообразования // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 1 (367). С. 38-42.
12. Шатилов И.С., Замараев А.Г., Духанин Ю.А., Исмагилова Н.Х. Энергомассообмен в звене полевого севооборота. Ч. 1. М.: Агроконсалт, 2004. 368 с.

**Об авторах:**

**Гукалов Виктор Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1742-2210>, skzosp@yandex.ru  
**Баршадская Светлана Ивановна**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, [guri\\_89@mail.ru](mailto:guri_89@mail.ru)  
**Сорокин Андрей Евгеньевич**, кандидат экономических наук, заведующий кафедрой экологии, системы жизнеобеспечения и безопасности жизнедеятельности, [sorokin@gmail.com](mailto:sorokin@gmail.com)  
**Савич Виталий Игоревич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1153-2542>, [savich.mail@gmail.com](mailto:savich.mail@gmail.com)  
**Суккар Лама**, аспирантка кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, [savich.mail@gmail.com](mailto:savich.mail@gmail.com)

## CHANGE OF MINERAL FERTILIZER APPLICATION EFFICIENCY ON THE BLACK SOILS AND SODDY PODZOLIC SOILS UNDER THEIR UNSUPPORTABLE RATE INCREASE

V.V. Gukalov<sup>1</sup>, S.I. Barshadskaya<sup>2</sup>, A.E. Sorokin<sup>3</sup>,  
V.I. Savich<sup>4</sup>, Sukkar Lama<sup>4</sup>

<sup>1</sup>North-Caucasian zonal experimental station of poultry breeding of the Russian agricultural academy, Stavropol territory

<sup>2</sup>North-Kuban agricultural experimental station — branch of the National center of grain named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar territory

<sup>3</sup>Moscow aviation institute (national research university), Moscow

<sup>4</sup>Russian state agrarian university — Moscow Timiryazev agricultural academy, Moscow, Russia

The economical efficiency of mineral fertilizer application for cultivated crop improvement in the soil depends on the soil features combination, the optimization level of all farming system sectors, weather conditions, crops cultivated. The investigations conducted by long-time experience on the soddy podzolic soils of Moscow region (experiments of Department of horticulture of Russian state agricultural university — Timiryazev Moscow agricultural academy) and on the normal Black soils of the Krasnodar Territory (experiments of North Kuban agricultural experiment station) demonstrate the decreasing returns law exhibition by the growth decrease of active forms of NPK, humus substance per 1 centner of fertilizers applied. With that the reduction of fertilizer application efficiency is indicated by the effect on plant biochemical composition, biological productivity of agricultural lands, store of energy in the soil and output yield. By the results obtained, the pH change per 1 t of CaCO<sub>3</sub> in soddy podzolic soils was 0.17 for the dose 6 t/ha, and 0.03 for the dose 50 t/ha. The increase in content of active forms of NPK in the Black soils per 1 kg of the fertilizers applied for the doses 30 and 120 kg/ha was: N — 0.06 and 0.02; K<sub>2</sub>O — 1.5 and 0.61 accordingly. The increase in proteic substance content in winter wheat per 1 kg of the fertilizers applied was 0.03 and 0.01 for the dose 30 and 120 kg/ha accordingly. The alienation of winter wheat grain from the fields on the soddy podzolic soils when applying the fertilizers for plant using 2% PAR and 3% PAR per 1 centner of NPK was 0.39 and 0.22 accordingly for the top seasonal yield, and 0.005 and 0.002 for the lowest seasonal yield. It is suggested to have regard to the intensity of the decreasing returns law when evaluating the soil-fertility, land price, when making fertilization programs.

**Keywords:** soil, output yield (crop), economical efficiency, fertilizers.

**References**

1. Akanova N.I. Changes in agrochemical properties of sod-podzolic soils with intensive application of mineral fertilizers in combination with liming. In the collection: Issues of liming of soils. Moscow: VNIIA, 2002. Pp. 11-18.
2. Gukalov V.V., Savich V.I. Integrated assessment of acid-base state of soils in taiga-forest and forest-steppe zones. Moscow: RGAU-MSHA, VNIIA, 2019. 408 p.
3. Gukalov V.V., Savich V.I., Panova P.Yu. Integral assessment of the key-slot-ground state of soils. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2019. No. 3 (369). Pp. 64-68.

4. Demin V.A. Determination of doses of fertilizers for agricultural crops in crop rotation. Moscow: TSHA, 1981. 91 p.
5. Zhukov Yu.P. Complex chemization in intensive technologies for growing crops in the non-Chernozem region. Moscow: TSHA, 1989. 89 p.
6. Zamarayev A.G., Savich V.I., Sychev V.G. Energy and mass exchange in the link of the left crop rotation. Part 2. Moscow: RGAU-MSHA, VNIIA, 2005. 336 p.
7. Karmanov I.I., Bulgakov D.S. Methods of soil and climate assessment of arable land for cadaster. Moscow: RASKHN, 2012. 122 p.
8. Savich V.I., Gataulin A.M., Sychev V.G. Land assessment. Moscow: RGAU-MSHA, VNIIA, 2010. 402 p.

9. Savich V.I., Nikitochkin D.N., Geraskin M.M. Optimization of soil properties during intensive agricultural production and environmental pollution, Moscow: VNIIA, 2014. 472 p.
10. Savich V.I., Torshin S.P., Belopukhov S.L., Panova P.Yu. Agroecological assessment of organo-mineral compounds. Irkutsk: Megaprint, 2017. 298 p.
11. Savich V.I., Mosina L.V., Norovsuren J. Microbiological activity of soils as a factor of soil formation. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal* = International agricultural journal. 2019. No. 1 (367). Pp. 38-42.
12. Shatilov I.S., Zamarayev A.G., Dukhanin Yu.A., Ismagilova N.Kh. Energy and mass exchange in the link of field crop rotation. Part 1. Moscow: Agroconsult, 2004. 368 p.

**About the authors:**

**Viktor V. Gukalov**, candidate of agricultural sciences, director, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1742-2210>, skzosp@yandex.ru  
**Svetlana I. Barshadskaya**, doctor of agricultural sciences, leading researcher, [guri\\_89@mail.ru](mailto:guri_89@mail.ru)  
**Andrey E. Sorokin**, candidate of economic sciences, head of the department of ecology, life support systems and life safety, [sorokin@gmail.com](mailto:sorokin@gmail.com)  
**Vitaly I. Savich**, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the department of soil science, geology and landscape studies, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1153-2542>, [savich.mail@gmail.com](mailto:savich.mail@gmail.com)  
**Sukkar Lama**, postgraduate student of the department of soil science, geology and landscape studies, [savich.mail@gmail.com](mailto:savich.mail@gmail.com)

[savich.mail@gmail.com](mailto:savich.mail@gmail.com)