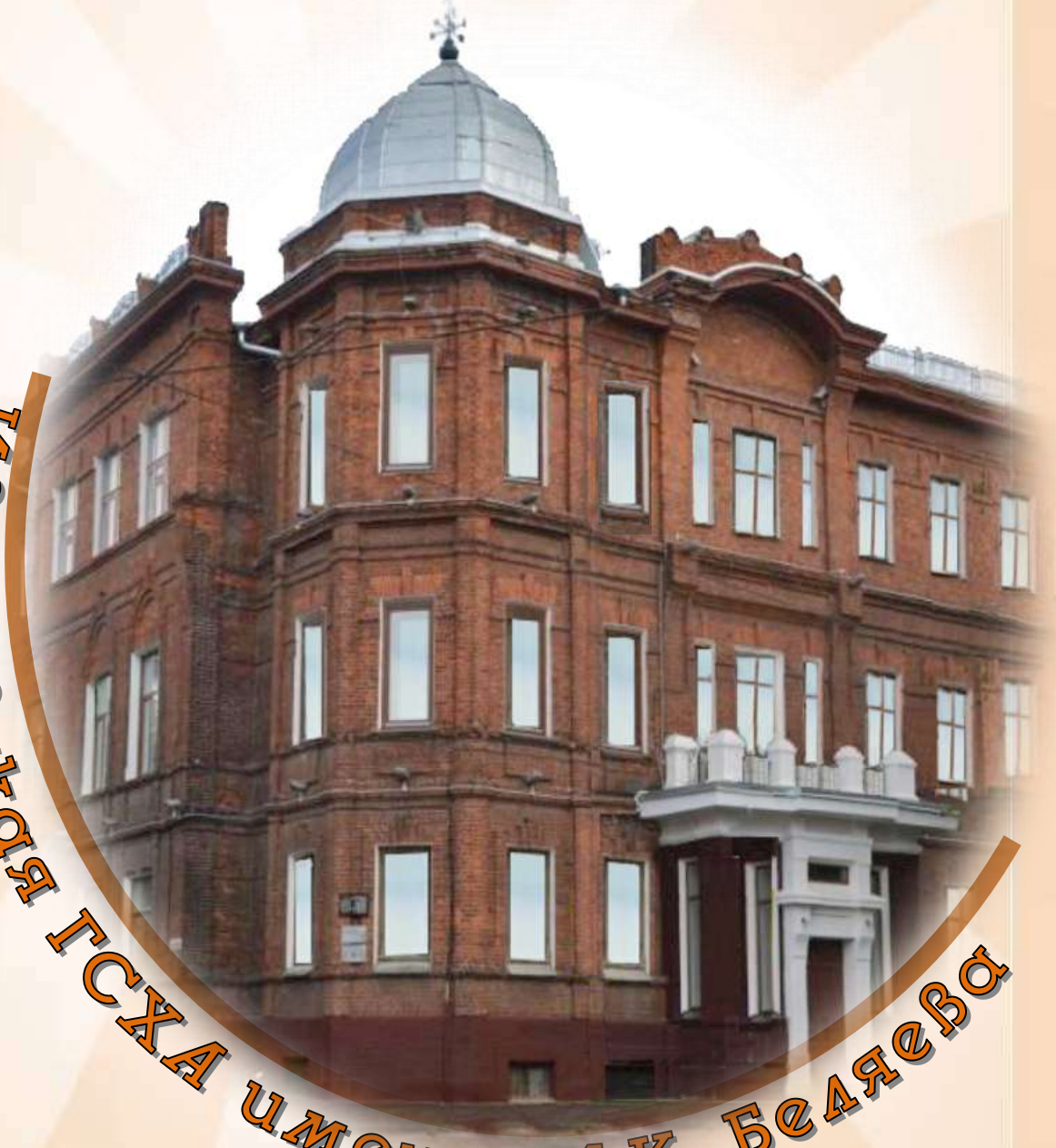
ISSN 2307-5872

# Аграрный Вестник Верхне Волжья



Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева

3/2021

Научный журнал

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА предлагает всем желающим: преподавателям, научным работникам, аспирантам опубликовать результаты исследований в научном журнале «Аграрный вестник Верхневолжья».

Журнал распространяется по РФ, издается на русском языке. Периодичность выхода: 1 раз в квартал. **Все материалы, направляемые в журнал, проходят обязательное внутреннее рецензирование. Отрицательный отзыв означает отказ в публикации материала.**

«Аграрный вестник Верхневолжья» включен в перечень ВАК по ветеринарии и зоотехнии, сельскохозяйственным и техническим наукам и в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Электронные версии журнала размещаются на сайтах **Ивановской ГСХА имени академика Д. К. Беляева (http://www.ivgsha.ru)**, **Российской универсальной научной электронной библиотеки (http://www.elibrary.ru)** и **электронно-библиотечной системы «Лань» (http://www.e.lanbook.com)**.

***Обращаем ваше внимание, что статья должна обязательно включать следующие последовательно расположенные элементы:***

– индекс (УДК) – слева, обычный шрифт;

– инициалы автора(ов) и фамилия(и) – справа курсивом (на русском и английском языках);

– заголовок (название) статьи – по центру, шрифт полужирный, буквы – прописные (на русском и английском языках);

– аннотация (***200 слов***) и ключевые слова (***5-10 понятий***) на русском и английском языках;

– текст статьи, имеющий ***внутренние разделы*** (напр.: ***введение, цель и задачи, методы***, ***выводы*** и др.);

– список литературы на русском языке;

– список литературы латинским шрифтом (***транслитерация***). Транслитерацию можно выполнить автоматически на сервисе:

**http://english-letter.ru/Sistema_transliterazii.html**

Элементы статьи отделяются друг от друга одной пустой строкой

*Сноски на литературу оформляются библиографическим списком в соответствии* с ГОСТ Р 7.0.5-2008 (номер в квадратных скобках например: [5, с. 23]). Список цитируемой литературы приводится в соответствии требованиями ГОСТ 7.1-2003. В списке источники располагаются в порядке их упоминания в статье.

С более подробными требованиями можно ознакомиться на сайте журнала**: www. http://avv-ivgsha.ucoz.ru/**

**Таблицы принимаются строго в книжной ориентации формата А4.**

Статьи можно выслать по адресу: 153012 г. Иваново, ул. Советская, 45. Любую информацию можно получить по телефону: 8(4932) 32-81-44.

E-mail: vestnik@ivgsha.ru (с пометкой для редакции журнала).

**Точка зрения авторов публикаций может не совпадать с мнением редакционной коллегии. Автор несет ответственность за содержание статьи. Согласие автора на публикацию материала на указанных условиях и на его размещение в электронных версиях предполагается.**

**Подписной индекс журнала в каталоге «Пресса России» 91820**

**Цена свободная.**

ISSN 2307-5872

# ИВАНОВСКОЙ ГСХА ИМЕНИ Д.К. БЕЛЯЕВА

**2021. № 3 (36)**

Научный журнал

**Учредитель и издатель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева»

**Редакционная коллегия:**

Д. С. Фомичев, и.о. главного редактора, кандидат технических наук (Иваново);
А. В. Петров, и.о. заместителя главного редактора, кандидат химических наук, доцент (Иваново);
Н. А. Балакирев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Москва);
А. М. Баусов, доктор технических наук, профессор (Иваново);
В. С. Буяров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Орел);
А. В. Васин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Самара);
М. С. Волхонов, доктор технических наук, профессор (Кострома);
А. А. Гвоздев, доктор технических наук, профессор (Иваново);
О. В. Гонова, доктор экономических наук, профессор (Иваново);
А. А. Завалин, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Москва);
Л. И. Ильин, кандидат экономических наук (Суздаль, Владимирская область);
А. Ш. Иргашев, доктор ветеринарных наук, профессор (Бишкек, Кыргызстан);
В. А. Исайчев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАЕН (Ульяновск);
В. В. Комиссаров, ответственный редактор, доктор исторических наук, профессор (Иваново);
Е. Н. Крючкова, доктор ветеринарных наук, профессор (Иваново);
Н. В. Муханов, кандидат технических наук, доцент (Иваново);
Д. К. Некрасов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Иваново);
Р. З. Нургазиев, член-корреспондент Национальной академии наук Кыргызской республики, доктор ветеринарных наук, профессор (Бишкек, Кыргызстан);
В. В. Окорков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Суздаль, Владимирская область);
В. А. Пономарев, доктор биологических наук, профессор (Иваново);
В. В. Пронин, доктор биологических наук, профессор (Владимир);
С. А. Родимцев, доктор технических наук, доцент (Орел);
В. А. Смелик, доктор технических наук, профессор (Санкт-Петербург);
А. А. Соловьев, ответственный секретарь, доктор исторических наук, профессор (Иваново);
Н. П. Сударев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Тверь);
А. Л. Тарасов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Иваново)
В. Е. Ториков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Брянск);
В. Г. Турков, доктор ветеринарных наук, профессор (Иваново);

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Реестровая запись ПИ № ФС77-81461 от 16 июня 2021 г.

Журнал издается с 2012 г.

**Журнал «Аграрный вестник Верхневолжья» включен ВАК РФ в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (в редакции от 01.01.2019), по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:**

**05.00.00 Технические науки:**
05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);

**06.00.00 Сельскохозяйственные науки:**
06.01.01 – Общее земледелие растениеводство (сельскохозяйственные науки);
06.01.04 – Агрохимия (сельскохозяйственные науки);

**06.02.00 Ветеринария и Зоотехния:**
06.02.01 – Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные науки);
06.02.07 – Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки);
06.02.10 – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки)

© ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА © Аграрный вестник Верхневолжья

# AGRARIAN JOURNAL OF UPPER VOLGA REGION

## 2021. № 3 (36)

**Constitutor and Publisher:** Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo State Agricultural Academy named after D.K. Belyaeva "



**Editorial Staff:**

D. S. Fomichev, Acting Editor-in-chief, Cand. of Sc., Engineering (Ivanovo);
A. V. Petrov, Acting Deputy Editor-in-Chief, Assoc. Prof., Cand. of Sc., Chemistry (Ivanovo);
N. A. Balakirev, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Moscow);
A. M. Bausov, Professor, Doctor of Sc., Engineering (Ivanovo);
V. S. Buyarov, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Oryol);
A. V. Vasin, Professor, Doctor of Sc., Agriculture, (Samara);
M. S. Volkhonov, Professor, Doctor of Sc., Engineering (Kostroma);
A. A. Gvozdev, Professor, Doctor of Sc., Engineering (Ivanovo);
O. V. Gonova, Professor, Doctor of Sc., Economics (Ivanovo);
A. A. Zavalin, Academician of Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Moscow);
L. I. Ilyin, Cand of Sc., Economics (Suzdal, Vladimirskaya oblast);
A. Sh. Irgashev, Professor, Doctor of Sc., Veterinary medicine (Bishkek, Kyrgyzstan);
V.A. Isaitchev, Professor, Doctor of Sc., Agriculture, Academician of Russian Academy of Natural Sciences (Ulyanovsk);
V. V. Komissarov, Professor, Doctor of Sc., History, Executive Secretary (Ivanovo);
E. N. Kryuchkova, Professor, Doctor of Sc., Veterinary medicine (Ivanovo);
N. V. Mukhanov, Assoc. Prof., Cand. of Sc., Engineering (Ivanovo);
D. K. Nekrasov, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Ivanovo);
R. Z. Nurgaziev, Corresponding member of Kyrgyz National Academy of Science, Professor, Doctor of Sc., Veterinary medicine (Bishkek, Kyrgyzstan);
V. V. Okorkov, Professor, Doctor of Sc., Agriculture, (Suzdal, Vladimirskaya oblast);
V.A. Ponomarev, Professor, Doctor of Sc., Biology (Ivanovo);
V.V. Pronin, Professor, Doctor of Sc., Biology (Vladimir);
S.A. Rodimtsev, Assoc. prof., Doctor of Sc., Engineering (Oryol);
V.A. Smelik, Professor, Doctor of Sc., Engineering (Saint-Petersburg)
A. A. Soloviev, Professor, Doctor of Sc., History, Executive Secretary (Ivanovo);
N. P. Sudarev, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Tver);
A. L.Tarasov, Assoc. Prof., Cand. Of Sc., Agriculture (Ivanovo);
V. E. Torikov, Professor, Doctor of Sc., Agriculture (Bryansk);
V. G. Turkov, Professor, Doctor of Sc., Veterinary medicine (Ivanovo);

Technical Editor: M.S. Sokolova.
Corrector: N.F. Skokan.
Translator: A.I. Kolesnikova.



Format 60x84 1/8 Circulation: 100 Order № 2648

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media.

Register entry ПИ № ФС77-81461 on 16.06.2021.

The journal has been published since 2012.

**"Agrarian journal of the Upper Volga Region" is peer-reviewed and recommended by the Supreme Attestation Commission of the Russian Federation to publish main results of Doctors and Candidates of Sciences dissertations (issued on 01.01.2019) in the following disciplines and their respective fields of science:**

**05.00.00 Technical sciences:**

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences);
05.20.03 - Technologies and means of technical maintenance in agriculture (technical sciences);

**06.00.00 Agricultural sciences:**

06.01.01 - General agriculture crop (agricultural sciences);
06.01.04 - Agrochemistry (agricultural sciences);

**06.02.00 Veterinary and Zootechny:**

06.02.01 - Diagnostics of diseases and animal therapy, pathology, oncology and animal morphology (veterinary sciences);
06.02.07 - Breeding, breeding and genetics of farm animals (agricultural sciences);
06.02.07 - Private animal husbandry, technology of production of livestock products (agricultural sciences)

# СОДЕРЖАНИЕ


**Агрономия**

***Борин А. А., Лощинина А. Э.*** Влияние систем обработки при длительном применении в севообороте на плодородие почвы, развитие растений и урожайность ..... 5

***Василенков В. Ф., Василенков С. В., Байдакова Е. В., Ториков В. Е.*** Действие химических мелиорантов и интенсификаторов при промывке почвы, загрязненных радионуклидами цезия-137 ..... 12

***Иванов Д. И., Иванова Н. Н., Прокина Л. Н.*** Урожайность и посевные качества яровой пшеницы в зависимости от сорта и внекорневой обработки марганцем, медью и молибденом ... 22

***Уткин А.А., Лукьянов С.Н.*** Влияние азотной подкормки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы ..... 29

**Ветеринария и зоотехния**

***Лаврентьев А. Ю., Михайлова Л. Р., Жестянова Л. В.*** Специальные комбикорма и иммуностимулятор при выращивании поросят-сосунов ..... 35

***Лебедева М.Б., Кичеева Т.Г., Глухова Э.Р.*** Поражение животных токсическими веществами антропогенной природы ..... 40

***Шатохин К. С., Никитин С. В., Кочнев Н. Н., Запорожец В. И., Седович М. Е., Коршунова Е.В., Ермолаев В.И.*** Изменение структуры стада мини-свиней ИЦиГ СО РАН в условиях систематического инбридинга ..... 44

**Инженерные агропромышленные науки**

***Волхонов М.С., Мамаева И.А., Коваленко Р.М., Беляков М.М.*** Классификация и направления совершенствования передвижных зерновых сушилок ..... 52

***Лебедев В.Д., Смирнов С.Ф., Терентьев В.В.*** Расчет механической надежности корпуса трансформатора ..... 62

***Николаев В.А.*** Определение угловой скорости корпуса полуавтоматической зерноочистительной машины ..... 69

***Семичев С. В., Панов А. И., Мосяков М. А.*** Методика проведения полевых исследований управляемого навесного устройства на посевах сахарной свёклы ..... 75

**Социально-экономические и гуманитарные науки**

***Антонов А.А., Фомичев Д.С., Романов А.Г., Шаленкова Н.В., Марьина Н.В.*** Роль физической культуры в адаптации студентов (на примере ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА и ФГБОУ ВО Ивановская ГМА) ..... 80

***Башмакова Е.В., Гусева М.А.*** Медицина в Англии в середине XVI- начале XVII веках и методы по борьбе с инфекционными заболеваниями ..... 84

***Иткулов С. З.*** Преподавание научного стиля иностранным студентам старших курсов аграрного вуза ..... 90

***Аннотации*** ..... 94

***Список авторов*** ..... 102

# CONTENTS


**AGRONOMY**

***Borin A. A., Loshchinina A. E.*** INFLUENCE OF TILLAGE SYSTEMS WITH LONG-TERM USE IN CROP ROTATION ON THE SOIL FERTILITY, PLANT DEVELOPMENT AND YIELD…….. 5

***Vasilenkov V. F., Vasilenkov S. V., Baidakova E. V., Torikov V. E.*** THE ROLE OF CHEMEMELIORANTS AND INTENSIFIERS IN WASHING SOILS FROM CONTAMINATION WITH CESIUM RADIONUCLIDES-137…….. 12

***Ivanov D. I., Ivanova N. N., Prokina L. N.*** YIELD AND SOWING QUALITIES OF SPRING WHEAT DEPENDING ON VARIETY AND FOLIAR TREATMENT WITH MANGANESE, COPPER AND MOLYBDENUM…….. 22

***Utkin A. A., Lukyanov S. N.*** THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN…….. 29

**VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNY**

***Lavrentiev A. Yu., Mikhailova L. R., Zhestianova L. V.*** SPECIAL COMPOUND FEED AND IMMUNOSTIMULATOR FOR RAISING SUCKLING PIGS……. 35

***Lebedeva M. B., Kicheeva T. G., Glukhova E. R.*** THE DEFEAT OF ANIMALS WITH TOXIC SUBSTANCES OF ANTHROPOGENIC NATURE…….. 40

***Shatokhin K.S., Nikitin S.V., Kochnev N.N., Zaporozhets V.I., Sedovich M.E., Korshunova E.V., Ermolaev V. I.*** CHANGE OF HERD STRUCTURE OF MINI-PIGS OF ICG SB RAS IN TERMS OF THE SYSTEMATIC INBREEDING……. 44

**ENGINEERING AGROINDUSTRIAL SCIENCE**

***Volkhonov M.S., Mamaeva I.A., Kovalenko R.M., Belyakov M.M.*** CLASSIFICATION AND WAYS OF MOBILE GRAIN DRYERS IMPROVEMENT……. 52

***Lebedev V.D., Smirnov S.F., Terentiev V.V.*** CALCULATION OF MECHANICAL RELIABILITY OF TRANSFORMER HOUSING……. 62

***Nikolaev V.A.*** LIMITING THE ANGULAR SPEED OF SEMI-AUTOMATIC GRAIN CLEANING MACHINE…… 69

***Semichev S. V., Panov A. I., Mosyakov M. A.*** TECHNIQUE OF CARRYING OUT FIELD STUDIES OF A CONTROLLED ATTACHMENT ON SUGAR BEET CROPS……... 75

**SOCIO-ECONOMIC SCIENCES AND HUMANITIES**

***Antonov A. A., Fomichev D. S., Romanov A. G., Shalenkova N. V., Maryina N. V.*** ROLE OF PHYSICAL EDUCATION IN STUDENTS ADAPTATION (ON THE EXAMPLE OF FSBEI HE IVANOVO STATE AGRICULTURAL ACADEMY AND FSBEI HE IVANOVO STATE MEDICAL ACADEMY)…….. 80

***Bashmakova E. V., Guseva M. A.*** MEDICINE IN ENGLAND IN THE MIDDLE XVI-EARLY XVII CENTURIES AND METHODS FOR COMBATING INFECTIOUS DISEASES…….. 84

***Itkulov S. Z.*** TEACHING SCIENTIFIC STYLE TO FOREIGN STUDENTS OF SENIOR COURSES OF AGRARIAN UNIVERSITY…….. 90

***Summaries***……. 94

***List of authors***……. 102

DOI 10.35523/2307-5872-2021-36-3-5-11
УДК 631.51 : 631.82

# ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ В СЕВООБОРОТЕ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ, РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТЬ

**Борин А.А.,** ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА;
**Лощинина А.Э.,** ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА

*На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с 1989 года велось изучение различных систем обработки: ежегодной отвальной – общепринятой для Верхневолжья (контроль), ежегодной плоскорезной и ежегодной комбинированной (отвально-плоскорезной). Исследования проводились в стационарном полевом севообороте с чередованием культур: пар чистый – озимая пшеница – овёс + клевер – клевер – озимая рожь – картофель – ячмень. Цель исследований – изучение влияния систем обработки, разной интенсивности воздействия на почву при длительном использовании в севообороте на плодородие почвы, развитие растений и урожайность. После четырёх ротаций севооборота отмечено увеличение содержания в почве подвижного фосфора, обменного калия и кислотности, что связано с ежегодным внесением минеральных удобрений. Распределение гумуса в пахотном слое по отвальной и комбинированной системам обработки носит однородный характер, при плоскорезной – дифференцированный, с преобладанием его в верхнем слое почвы. Микробиологические процессы более активно проходили по отвальной системе обработки почвы. На озимых культурах плоскорезная обработка почвы обеспечивала более равномерную глубину заделки семян, увеличивала густоту стояния, сохранность и выживаемость растений. Распределение корневой системы растений по отвальной и комбинированной обработкам по пахотному слою сравнительно равномерное, при плоскорезной – большее количество корней сосредоточено в верхнем слое почвы. В среднем за четыре ротации севооборота по плоскорезной системе обработки почвы получена урожайность 2,87 т/га зерновых единиц, по отвальной и комбинированной – 2,77 т/га.*

***Ключевые слова:*** *севооборот, системы обработки почвы, плодородие, урожайность.*

***Для цитирования:*** *Борин А.А., Лощинина А.Э. Влияние систем обработки при длительном применении в севообороте на плодородие почвы, развитие растений и урожайность // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 3 (36). С. 5-11.*

**Введение.** В настоящее время обработка почвы не рассматривается как неизбежно затратное и слабо прогрессирующее звено системы земледелия. Она стала мобильнее и динамичнее в своём развитии. Теория и практика обработки почвы под отдельные культуры и в севооборотах подсказывает новые пути решения сложных задач экономии материальных и денежных средств, что приводит, в свою очередь, к увеличению продуктивности культур и стабилизации почвенного плодородия [1, с. 5-6].

На современном этапе в земледелии наиболее актуальна проблема накопления и правильного использования органического вещества почвы, так как в последние годы резко сократилось внесение органических и минеральных удобрений [2, с. 506-512; 3, с. 8-14]. Один из путей решения проблемы повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур – совершенствование технологии обработки почвы в севообороте [4, с. 16-24; 5, с. 25-28].

Традиционная отвальная обработка почвы требует больших затрат. Альтернативой плужной обработке может быть плоскорезная. При ней в верхней части пахотного слоя создается биологически активная прослойка из перепревших растительных остатков возделываемых культур. Это повышает водоудерживающую способность почвы и уменьшает потерю влаги с поверхности через испарение [6, с. 7-14].

Целесообразность применения плоскорезной обработки обусловливается как потребностью

сохранения плодородия почвы, так и экономическими соображениями. Не снижая урожайности, а в ряде случаев повышая её, плоскорезная обработка позволяет сократить затраты, потребность в горючем и рабочей силе по сравнению с традиционной системой обработки почвы [7, с. 20-23].

Современное земледелие предполагает различные способы обработки почвы, в том числе отвальную вспашку, чизелевание, плоскорезную, минимальную обработку и их сочетание [8, с. 18-20; 9, с. 24-26; 10, с. 29-33].

Производственные испытания плоскорезной обработки подтвердили целесообразность её применения, как менее энергоемкого способа обработки почвы под различные культуры. Применение плоскорезной обработки в Нечерноземной зоне обусловлено тем, что подготовка почвы, в силу ряда причин, часто проводится с запозданием, а короткий осенний период не всегда позволяет выполнить план подъёма зяби под яровые культуры. Плоскорезная обработка более производительна и при умелом применении позволяет подготовить почву под посев в оптимальные сроки и с хорошим качеством.

Цель исследований – изучение влияния систем обработки, разной интенсивности воздействия на почву при длительном использовании в севообороте на плодородие почвы, развитие растений и урожайность сельскохозяйственных культур.

**Условия, материалы и методы.** Исследования проводились в 1989 – 2016 гг. в стационарном полевом севообороте кафедры агрохимии и земледелия Ивановской ГСХА с чередованием культур: пар чистый – озимая пшеница – овес + клевер – клевер – озимая рожь – картофель – ячмень. Севооборот развёрнут во времени и пространстве. Площадь его 6 га, расположения вариантов 3-х ярусное, внутри ярусов – систематическое, согласно схеме севооборота. Повторность 4-х кратная. Площадь опытной делянки 630 м$^2$, учётной – 450 м$^2$. Метод учета урожая – сплошной поделяночный.

Почва дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая. Пахотный слой мощностью 20…22 см перед закладкой севооборота характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,0 %, $pH_{сол.}$ – 5,5, сумма поглощенных оснований – 19 мг-экв./100 г почвы, содержание подвижных форм фосфора 190 мг/кг, обменного калия – 140 мг/кг почвы. Агрофизические характеристики: плотность сложения – 1,44 г/см$^3$, твёрдость – 14,3 кг/см$^2$.

В севообороте под все культуры изучались три системы обработки почвы: ежегодная отвальная – общепринятая для Верхневолжья (контроль), ежегодная плоскорезная и ежегодная комбинированная (отвально-плоскорезная):

1. Отвальная – вспашка на глубину 20…22 см плугом ПЛН-3-35, предпосевная культивация на 10…12 см КПС-4 + БЗТС-1.

2. Плоскорезная – рыхление плоскорезом-глубокорыхлителем КПГ-2,2 без оборачивания почвы на глубину 20…22см, предпосевная культивация на 10…12см КПЭ-3,8, обработка БИГ-3.

3. Комбинированная – вспашка на глубину 20…22см плугом ПЛН-3-35, предпосевная культивация на 10…12см КПЭ-3,8, обработка БИГ-3.

Система применения удобрений включала: внесение под озимые зерновые $(NPK)_{30}$ как основное и $N_{30}$ в подкормку, под яровые зерновые – $(NPK)_{30}$ под предпосевную обработку, под картофель – $(NPK)_{60}$ перед посадкой и на клевере $N_{30}$ в подкормку. Навоз 40 т/га вносили в паровом поле один раз за ротацию севооборота.

Исследования проводились в различные по метеоусловиям годы: с нормальным режимом увлажнения и температуры и со значительными отклонениями от средних многолетних данных. В этом отношении результаты можно считать обобщенными.

Все учеты и анализы проводились по общепринятым методикам: содержание гумуса – ГОСТ 26213-91; подвижного фосфора и обменного калия – ГОСТ 26204-91; pH солевой вытяжки – ГОСТ 26483-85; нитратный азот – ГОСТ 26488-85; учет массы корней методом почвенного «бура» с отмыванием образца по Б.А. Доспехову (1987); полевую всхожесть семян, сохранность и выживаемость растений – по методике Госсортсети (1971). Математическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа по методикам Б.А. Доспехова (1985) и Б.Д. Кирюшина (2013).

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследований показали, что факторы интенсификации (обработка почвы, удобрения) оказали некоторое влияние на изменение агрохимических по-

казателей: $pH_{сол.}$ за четыре ротации севооборота изменилась с 5,5 до 5,2 ($НСР_{05}$ = 0,4), сумма поглощенных оснований с 19 до 24 мг-экв./100 г почвы ($НСР_{05}$ = 4,2), содержание подвижного фосфора увеличилось с 190 до 210 мг/кг почвы ($НСР_{05}$ = 14,0), а обменного калия – с 140 до 185 мг/кг почвы ($НСР_{05}$ = 18,5). Это связано с ежегодным внесением минеральных удобрений.

Системы обработки, различающиеся по способу воздействия на почву, обеспечивали различное распределение пожнивно-корневых остатков в обрабатываемом слое, а также разные условия для протекания биохимических процессов их превращения. За четыре ротации севооборота при внесении в среднем за год 5,7 т/га навоза и минеральных удобрений в дозе $N_{45}P_{30}K_{30}$ запасы гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при отвальной системе обработки увеличились на 3,56 т/га, а при менее интенсивной (плоскорезной) – на 4,74 т/га по сравнению с исходными запасами, которые составляли 57,1 т/га. Установлено, что распределение гумуса в различных частях пахотного слоя при отвальной и комбинированной системах обработки имеют однородный характер, а при плоскорезной – дифференцированный, с большей гумусированностью слоя 0…10 см, что связано с высокой степенью концентрации органических веществ в поверхностном слое почвы (рис.).

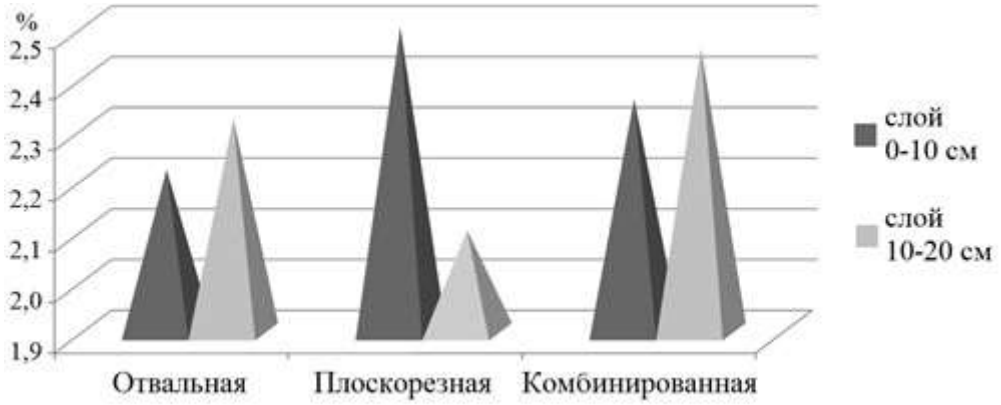



Рисунок – Изменение содержания гумуса (%) при разных системах обработки почвы, 2016 г.

**Таблица 1 – Содержание нитратного азота в пахотном слое почвы в фазу колошения озимых, мг/кг (2010-2016 гг.)**

| Система обработки почвы | Культура севооборота | | | | | | | Среднее по системе обработки |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | пар чистый | озимая пшеница | овес + клевер | клевер | озимая рожь | картофель | ячмень | |
| Отвальная (контроль) | 20,9 | 12,5 | 15,9 | 11,1 | 13,4 | 18,7 | 14,7 | 15,3 |
| Плоскорезная | 18,3 | 11,6 | 14,4 | 10,7 | 13,1 | 18,2 | 14,4 | 14,4 |
| Комбинированная | 20,0 | 12,8 | 14,9 | 10,8 | 12,2 | 18,5 | 15,2 | 14,9 |
| Среднее по культуре | 19,7 | 12,3 | 15,1 | 10,9 | 12,7 | 18,5 | 14,8 | |
| $НСР_{05}$ | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,4 |

Для растений большое значение имеет наличие нитратного азота в зоне расположения корневой системы. В исследованиях отмечено некоторое увеличение содержания нитратного азота по отвальной системе обработки почвы (табл. 1).

Большее содержание нитратного азота отмечено в паровом поле, что объясняется отсутствием потребления его культурными растениями. В разрезе культур можно отметить лучшую нитрифицирующую способность на по-

садках картофеля, где почва поддерживалась в рыхлом состоянии. Менее эффективно процесс нитрификации проходил на озимых культурах и клевере, что связано со значительным уплотнением почвы в этих полях.

Системы обработки почвы оказали некоторое влияние на глубину заделки семян, равномерность их размещения в посевном слое (табл. 2).

На озимых культурах наиболее высокий процент семян, заделанных на оптимальную глубину, отмечен по плоскорезной системе обработки почвы – 63,5 %, а коэффициент вариации был наименьшим – 14,5 %, что говорит о выровненности заделки семян. На яровых зерновых лучше сложилась глубина заделки семян по комбинированной системе обработки почвы. По ней на оптимальную глубину было заделано 54,5 % семян, а коэффициент вариации равнялся 14,9 %.

**Таблица 2 – Фактическая глубина заделки семян зерновых культур (2010-2016 гг.)**

| Система обработки почвы | Озимые (пшеница, рожь) | | | | Яровые (овес, ячмень) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | семян на глубине 4-5 см, % | средне-взвешенная глубина заделки семян, см | коэффициент вариации V, % | сырая масса 100 проростков, г | семян на глубине 4-5 см, % | средне-взвешенная глубина заделки семян, см | коэффициент вариации V, % | сырая масса 100 проростков, г |
| Отвальная (контроль) | 60,0 | 4,6 | 16,1 | 20,3 | 48,5 | 4,6 | 15,5 | 18,1 |
| Плоскорезная | 63,5 | 4,5 | 14,5 | 23,2 | 49,0 | 4,4 | 15,9 | 16,8 |
| Комбинированная | 61,5 | 4,5 | 15,4 | 20,1 | 54,5 | 4,5 | 14,9 | 18,3 |

**Таблица 3 – Густота стояния растений зерновых культур (2010-2016 гг.)**

| Система обработки почвы | Количество растений при полных всходах, шт/м$^2$ | Полевая всхожесть, % | Количество растений весной, шт/м$^2$ | Перезимовавших растений, % | Количество растений перед уборкой, шт/м$^2$ | Сохранность растений, % | Выживаемость растений, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Озимые культуры (пшеница, рожь) | | | | | | | |
| Отвальная (контроль) | 441 | 80,2 | 330 | 74,8 | 305 | 69,2 | 55,4 |
| Поскорезная | 454 | 82,5 | 348 | 76,6 | 325 | 72,9 | 59,1 |
| Комбинированная | 442 | 80,4 | 331 | 74,9 | 307 | 69,4 | 55,8 |
| НСР $_{05}$ | 10,5 | | 8,7 | | 6,9 | | |
| Яровые зерновые культуры (овес, ячмень) | | | | | | | |
| Отвальная (контроль) | 437 | 79,4 | - | - | 375 | 85,8 | 68,2 |
| Поскорезная | 431 | 78,4 | - | - | 367 | 85,1 | 66,7 |
| Комбинированная | 438 | 79,6 | - | - | 375 | 85,6 | 68,2 |
| НСР $_{05}$ | 8,5 | | | | 7,0 | | |

Выровненность глубины заделки семян сказалась на полевой всхожести, густоте стояния растений и их дальнейшем развитии (табл. 3).

На озимых культурах лучшие показатели по густоте стояния, сохранности и выживаемости растений отмечены по плоскорезной системе обработки почвы, что связано с большим запасом продуктивной влаги в почве в предпосевной период.

На яровых зерновых культурах существенных различий по системам обработки почвы не выявлено.

Исследования показали, что системы обработки почвы влияют на развитие корневой системы растений и распределение её по профилю почвы (табл. 4)

**Таблица 4 – Распределение корневой системы растений, % от общей массы (2010-2016 гг.)**

| Система обработки почвы | Слой, см | Культура севооборота | | | | | | Среднее по системе обработки |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | озимая пшеница | овес + клевер | клевер | озимая рожь | картофель | ячмень | |
| Отвальная (контроль) | 0 – 10 | 50,3 | 48,1 | 43,3 | 48,1 | 36,3 | 50,7 | 46,1 |
| | 10 – 20 | 40,8 | 43,4 | 44,5 | 44,5 | 58,0 | 40,7 | 45,3 |
| | 20 – 30 | 8,9 | 8,5 | 12,2 | 7,4 | 5,7 | 8,6 | 8,6 |
| Плоскорезная | 0 – 10 | 64,5 | 59,3 | 48,0 | 64,1 | 35,4 | 57,2 | 54,7 |
| | 10 – 20 | 27,2 | 34,1 | 42,2 | 28,7 | 60,2 | 36,6 | 38,2 |
| | 20 – 30 | 8,3 | 6,6 | 9,8 | 7,2 | 4,4 | 6,2 | 7,1 |
| Комбинированная | 0 – 10 | 52,7 | 49,3 | 46,1 | 47,6 | 33,1 | 47,7 | 46,1 |
| | 10 – 20 | 39,4 | 42,6 | 44,0 | 44,8 | 60,9 | 44,5 | 46,0 |
| | 20 – 30 | 7,9 | 8,1 | 9,9 | 7,6 | 6,0 | 7,8 | 7,9 |
| $НСР_{05}$ слой 0-10 см | | 4,1 | 3,0 | 2,8 | 4,2 | 2,9 | 3,0 | 3,3 |
| слой 10-20 см | | 2,5 | 2,1 | 1,6 | 3,0 | 2,2 | 3,1 | 2,4 |
| слой 20-30 см | | 0,4 | 0,2 | 0,5 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,3 |

Установлено, что по отвальной и комбинированной системам обработки, где проводилась вспашка на глубину 20…22 см и где был создан однородный пахотный слой, распределение корней по слоям 0…10 и 10…20 см примерно одинаково – 46,1 и 45,3 % – по отвальной, 46,1 и 46,0 % – по комбинированной. По плоскорезной системе, где проводилась обработка почвы без оборачивания КПГ-2,2 и где растительные остатки сосредоточены в верхнем слое, отмечено увеличение процента корней в слое 0…10 см и уменьшение их в слое 10…20 см – 54,7 и 38,2 %. Это объясняется лучшими агрофизическими свойствами поверхностного слоя и большим содержанием в нем гумуса.

Различные системы обработки почвы оказали влияние на урожайность культур севооборота (табл. 5).

Урожайность озимой пшеницы за четыре ротации севооборота по плоскорезной обработке была на 0,14 т/га выше, чем по отвальной. Наибольшие прибавки урожая – 0,30; 0,25; 0,27 и 0,29 т/га были получены в 1990, 1993, 1999 и 2010 гг. В то же время семь лет не обеспечивали прибавки урожая, наоборот, отмечалось его снижение. Сходные данные получены и по озимой ржи – тринадцать лет урожайность была несколько ниже по плоскорезной обработке, чем при отвальной, в остальные годы – выше, и в среднем она оказалась больше на 0,12 т/га.

**Таблица 5 – Урожайность сельскохозяйственных культур, т/га. Среднее за 1989 – 2016 гг.**

| Система обработки почвы | Ротация сево-оборота | Культура севооборота | | | | | | Среднее зерновых единиц |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | озимая пшеница | овес + клевер | клевер (сено) | озимая рожь | карто-фель | яч-мень | |
| Отвальная (контроль) | I | 2,84 | 2,48 | 3,72 | 2,68 | 20,1 | 2,12 | 2,75 |
| | II | 2,51 | 2,04 | 3,05 | 2,73 | 17,6 | 1,90 | 2,45 |
| | III | 2,91 | 2,46 | 3,72 | 3,20 | 20,1 | 2,72 | 2,95 |
| | IV | 3,24 | 2,52 | 4,14 | 3,14 | 19,5 | 2,31 | 2,94 |
| | Среднее | 2,87 | 2,37 | 3,66 | 2,94 | 19,3 | 2,26 | 2,77 |
| Плоскорез-ная | I | 2,92 | 2,40 | 3,51 | 2,75 | 21,5 | 2,09 | 2,80 |
| | II | 2,70 | 1,98 | 2,91 | 2,88 | 19,4 | 1,86 | 2,55 |
| | III | 3,05 | 2,55 | 3,51 | 3,36 | 21,5 | 2,78 | 3,05 |
| | IV | 3,37 | 2,50 | 3,99 | 3,25 | 22,1 | 2,32 | 3,07 |
| | Среднее | 3,01 | 2,36 | 3,48 | 3,06 | 21,1 | 2,26 | 2,87 |
| Комбиниро-ванная | I | 2,87 | 2,61 | 3,67 | 2,69 | 19,9 | 2,18 | 2,77 |
| | II | 2,54 | 2,23 | 2,87 | 2,68 | 18,0 | 2,04 | 2,50 |
| | III | 2,99 | 2,62 | 3,67 | 3,18 | 11,9 | 2,90 | 2,83 |
| | IV | 3,21 | 2,58 | 4,00 | 3,14 | 20,7 | 2,40 | 3,00 |
| | Среднее | 2,90 | 2,51 | 3,55 | 2,92 | 17,6 | 2,38 | 2,77 |
| НСР $_{05}$ | | 1,2 | 1,0 | 1,3 | 0,9 | 16 | 1,2 | |

*Примечание:* I ротация – 1989-1995 гг., II ротация – 1996-2002 гг., III ротация – 2003-2009 гг., IV ротация – 2010-2016 гг.

Основной причиной варьирования урожайности озимых культур при различных системах обработки почвы являлось содержание доступной влаги в почве в предпосевной и начальный период вегетации. Несколько по-другому проявилось действие систем обработки почвы под яровые зерновые. Урожайность овса и ячменя почти во все годы исследований была несколько выше при комбинированной обработке. Прибавка урожая овса составила 0,14 т/га, ячменя – 0,12 т/га. При сравнении отвальной и плоскорезной обработок по урожайности яровых зерновых закономерности не выявлено, она была практически одинаковой. При возделывании картофеля плоскорезная система обработки почвы, в среднем за годы исследований, обеспечила прибавку урожая клубней 1,8 т/га, а наиболее высокий урожай сена клевера получен по традиционной отвальной обработке почвы.

**Выводы**

1. Длительное применение различных систем обработки в сочетании с применением удобрений увеличивало содержание в пахотном слое подвижного фосфора, обменного калия и повышало кислотность почвы.

2. Отвальная система обработки почвы способствовала более равномерному распределению гумуса по пахотному слою – 2,18 % в слое 0…10 см и 2,28 % в слое 10…20 см, плоскорезная – к увеличению содержания гумуса в верхнем слое – 2,46 % и 2,06 %, соответственно.

3. Корневая система растений по отвальной и комбинированной обработкам преимущественно сосредоточена в пахотном слое почвы. По отвальной в слое 0…10 см – 46,1 %, в слое 10…20 см – 45,3 %, по комбинированной – 46,1 и 46,0 %. По плоскорезной обработке большая часть корней (54,7 %) находилась в поверхностном слое почвы.

4. В среднем за четыре ротации севооборота плоскорезная система обработки почвы обеспечила более высокий выход продукции – 2,87 т/га зерновых единиц, за счёт увеличения урожайности озимых культур и картофеля. По отвальной и комбинированной обработкам урожайность несколько ниже – 2,77 т/га зерновых единиц.

**Список используемой литературы**

1. Беленков А.И., Шевченко В.А., Трофимова Т.А., Шачнев В.П. Научно-практические основы совершенствования обработки почвы в

современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Монография. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015.

2. Еськов А.И., Русакова И.В. Повышение эффективности использования растительных остатков в ресурсосберегающих технологиях // Совершенствование научных основ технологии производства и применения органических удобрений. Иваново: ИПК «ПресСто». 2013.

3. Байбеков Р.Ф., Хайдуков К.П., Коваленко А.А., Забугина Т.М. Качественный состав органического вещества дерново-подзолистой почвы в длительном полевом опыте // Земледелие. 2020. № 1.

4. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Конищев А.А., Гарифуллин И.И. Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности» почвы с урожайностью зерновых культур // Агрофизика. 2017. № 4.

5. Турусов В.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А., Корнилов И.М., Говоров В.Н., Крячкова М.П., Гармашова Л.В. Биологическая активность и питательный режим почвы при разных приемах обработки под однолетние травы // Земледелие. 2020. № 6.

6. Борин А.А., Лощинина А.Э. Агрофизические свойства и засоренность почвы при применении агротехнологий разной интенсивности // Агрофизика. 2020. № 2.

7. Дридигер В.К., Кащаев Е.А., Стукалов Р.С., Паньков Ю.И., Войцеховская С.С. Влияние технологии возделывания сельскохозяйственных культур на их урожайность и экономическую эффективность в севообороте // Земледелие. 2015. № 7.

8. Николаев В.А., Мазиров М.А., Зинченко С.И. Влияние разных способов обработки на агрофизические свойства и структурное состояние почвы // Земледелие. 2015. № 5.

9. Воронов С.И., Зволинский В.П., Плескачев Ю.Н., Матвеева Н.И., Грабов Р.С. Роль приемов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя // Земледелие. 2020. № 2.

10. Митрофанов Ю.И., Петрова Л.И., Гуляев М.В., Первушина Н.К. Предпосевная обработка почвы при разных способах посева зерновых культур // Земледелие. 2020. № 6.

**References**

1. Belenkov A.I., Shevchenko V.A., Trofimo-va T.A., Shachnev V.P. Nauchno-praktiches-kie osnovy sovershenstvovaniya obrabotki pochvy v sovremennykh adaptivno-landshaftnykh sistemakh zemledeliya. Monografiya. M.: Izd-vo RGAU-MSKhA, 2015.

2. Yeskov A.I., Rusakova I.V. Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya rastitelnykh ostatkov v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh // Sovershenstvovanie nauchnykh osnov tekhnologii proizvodstva i primeneniya organicheskikh udobreniy. Ivanovo: IPK «PresSto». 2013.

3. Baybekov R.F., Khaydukov K.P., Kovalenko A.A., Zabugina T.M. Kachestvennyy sostav organicheskogo veshchestva dernovo-podzolistoy pochvy v dlitelnom polevom opyte // Zemledelie. 2020. № 1.

4. Perfilev N.V., Vyushina O.A., Konishchev A.A., Garifullin I.I. Issledovanie vzaimosvyazi «optimalnoy plotnosti» pochvy s urozhaynostyu zernovykh kultur // Agrofizika. 2017. № 4.

5. Turusov V.I., Garmashov V.M., Nuzhnaya N.A., Kornilov I.M., Govorov V.N., Kryachkova M.P., Garmashova L.V. Biologicheskaya aktivnost i pitatelnyy rezhim pochvy pri raznykh priemakh obrabotki pod odnoletnie travy // Zemledelie. 2020. № 6.

6. Borin A.A., Loshchinina A.E. Agrofizicheskie svoystva i zasorennost pochvy pri primenenii agrotekhnologiy raznoy intensivnosti // Agrofizika. 2020. № 2.

7. Dridiger V.K., Kashchaev Ye.A., Stukalov R.S., Pankov Yu.I., Voytsekhovskaya S.S. Vliyanie tekhnologii vozdelyvaniya selskokhozyaystvennykh kultur na ikh urozhaynost i ekonomicheskuyu effektivnost v sevooborote // Zemledelie. 2015. № 7.

8. Nikolaev V.A., Mazirov M.A., Zinchenko S.I. Vliyanie raznykh sposobov obrabotki na agrofizicheskie svoystva i strukturnoe sostoyanie pochvy // Zemledelie. 2015. № 5.

9. Voronov S.I., Zvolinskiy V.P., Pleskachev Yu.N., Matveeva N.I., Grabov R.S. Rol priemov osnovnoy obrabotki pochvy pri vozdelyvanii yarovogo yachmenya // Zemledelie. 2020. № 2.

10. Mitrofanov Yu.I., Petrova L.I., Gulyaev M.V., Pervushina N.K. Predposevnaya obrabotka pochvy pri raznykh sposobakh poseva zernovykh kultur // Zemledelie. 2020. № 6.

DOI 10.35523/2307-5872-2021-36-3-12-21
УДК 631.811:546.36

# ДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ И ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ПРИ ПРОМЫВКЕ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЦЕЗИЕМ-137.

**Василенков В.Ф.,** ФГБОУ ВО Брянский ГАУ;
**Василенков С.В.,** ФГБОУ ВО Брянский ГАУ;
**Байдакова Е.В.,** ФГБОУ ВО Брянский ГАУ;
**Ториков В.Е.,** ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

*В данной статье изложены результаты исследований влияния химических мелиорантов и интенсификаторов на вымывание цезия-137 из почвы. Подчеркивается особая важность их применения на землях малых населенных пунктов и личных подсобных хозяйств, где остро встает вопрос экономии воды и снижения внутреннего облучения населения от потребления в пищу загрязненной растениеводческой продукции. При разработке технологии по выщелачиванию цезия-137 из почвы нами были рассмотрены различные способы воздействия на почвенные частицы. Стараясь ускорить процесс промывки, в лабораторных опытах использовали химические удобрения: хлористый калий, аммиачную селитру, известь и доломитовую муку. Также предусмотрели полив водой из осушительных каналов, где обилие микроэлементов, поступающих с дренажным стоком, способствует ускоренному выщелачиванию цезия-137 из почвы. Внесение органических удобрений, в частности, торфа и нерадиоактивного навоза улучшает фильтрационные свойства почв, существенно повышает экономию воды на вымыв 1-ого Бк/кг. В качестве интенсификаторов рассмотрены такие способы, как обработка воды и почвы ультразвуком и насыщение их воздухом с помощью компрессора. Эти мероприятия способствовали разуплотнению диффузного слоя, улучшению условий выщелачивания цезия. Все использованные нами химические мелиоранты и интенсификаторы многократно проверены в (более 100) лабораторных опытах и полевых экспериментах. Были выявлены сопутствующие природные явления, способствующие выщелачиванию цезия-137, такие как замораживание почвы и выделение углекислого газа при оттаивании почвы. Все рассмотренные нами мероприятия окупаются за счет стоимости предотвращенной дозы радиации и за счет полученной прибавки урожайности полевых культур.*

***Ключевые слова:*** *химические мелиоранты, радио-цезий, интенсификаторы вымыва, выщелачивание цезия, дискриминация, десорбция, иллювиальный горизонт, предотвращенная индивидуальная доза облучения.*

***Для цитирования:*** *Василенков В.Ф., Василенков С.В., Байдакова Е.В.,Ториков В.Е. Действие химических мелиорантов и интенсификаторов при промывке почв, загрязненных цезием-137. // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 3 (36). С. 12-21.*

**Введение.** Радиоактивно загрязненные почвы Брянской области, в основном, дерново-подзолистые легкого органолептического (механического) состава с низким естественным плодородием, характеризуются невысоким содержанием гумуса (1- 1,5 % в верхнем горизонте и 0,6-0,2 % в нижних горизонтах) и низкой емкостью поглощения. Эти почвы содержат мало калия. Калий в таких почвах обладает высокой подвижностью. В пахотном горизонте на слабоокультуренных почвах калия содержится 5-6 мг на 100 г почвы. Потребность растений в питательных элементах на этих почвах составляет: в первом минимуме – азот, далее калий, фосфор и магний [1]. Применяя химические удобрения для ускорения промывки, следует учитывать строение почвенного профиля, в котором $K_2O$ в пахотном горизонте в 2 раза

меньше, чем в иллювиальном, а $P_2O_5$ в пахотном горизонте содержится больше. Равномерно снижается по генетическим горизонтам и до трех раз – в иллювиальном.

Использование химических мелиорантов приводит к ускорению процесса промывки и экономии воды, а следовательно, к снижению затрат труда. Известкование почвы осуществляется для поддержания высокой и стабильной урожайности сельскохозяйственных культур с нормативно-чистой продукцией. Защитно-поддерживающее известкование проводится при необходимости в зависимости от кислотности почв, и в первую очередь, на супесчаных почвах, где плотность загрязнения цезием-137 составляет 5-40 Ки/км$^2$. Известь вносится большими дозами – 8-10 т/га и более [1]. В Брянской области на супесчаных почвах растениям не хватает магния, и его содержание колеблется от 0-2,5 мг на 100 г почвы до 5 мг на 100 г, поэтому рекомендуется заменять известь доломитовой мукой [1].

Стоимость извести в ценах 2013 года в Брянской области 1 руб./кг, а доломитовой муки - 1,5 руб./кг. На территории области также добываются и используются в качестве химмелиорантов известковые туфы, мел, мергель.

Внесение извести улучшает физические и химические свойства почвы, ведёт к нейтрализации почвенного раствора, уменьшает содержание Cs-137 в урожае в 1,5-2 раза [2].

На кислых почвах внесение минеральных удобрений должно проводиться до известкования. Эффективность от однократного внесения извести наблюдается в течение 3-5 лет.

В процессе исследования установлено, что после замораживания скорость фильтрации увеличивается, а замораживание поверхностного слоя почвы прекращает выход из неё углекислого газа, который образуется в результате биологических процессов в почве. Образование $CO_2$ в почве происходит в результате разложения органического вещества микроорганизмами и дыхания корней. По литературным данным 30-40 % от общего почвенного потока углекислого газа создаётся за счет дыхания подземных органов растений [1, 2, 8]. Образовавшийся углекислый газ частично выделяется из почвы в атмосферу, что замедляется при замерзании верхнего слоя почвы, частично переходит в раствор почвенной влаги, образуя угольную кислоту. В уплотненной почве при повышенном содержании влаги содержание $CO_2$ в почвенном воздухе достигает 20 %. Степень кислотности воды и кислотности почв могут изменяться в широких пределах за счет одного природного компонента – $CO_2$. Диоксид углерода повышает десорбирующую способность воды и сам по себе является источником образования $HCO_3^-$, $CO_3^{2-}$.

Вымывание цезия в нашем полевом опыте [3, с.152] происходило высоким темпом, объясняется это, в частности, и выходом углекислого газа, который выделяется после оттаивания тонкой замерзшей корочки на поверхности почвы.

Следующим фактором, способствующим ускорению процесса вымывания цезия из замороженной почвы, является возникновение новых коллоидных частиц в результате многократного замораживания-оттаивания. В Брянской области в начале октября наблюдаются первые осенние заморозки, а последние – в первой декаде мая. Осенью часто случаются ночные заморозки, а зимой происходит несколько оттепелей. Гидрографические колебания весеннего стока в течение суток, на малых водосборных площадях замкнутых понижений, имеют вид кривой пилообразной формы с прекращением стока в ночные часы.

Лепорский О. Н и др. утверждают, что 10 зерен роговой обманки размером 1-0,5 мм, за 30 циклов замерзания-оттаивания разрушаются, и образуется 330 частиц размером 0,05-0,01 мм. То же происходит и с полевым шпатом [4].

**Цели и задачи исследований.** Целью исследований являлось – изучить действие химических мелиорантов и интенсификаторов при промывке почвы, загрязненных радионуклидами цезия-137.

В задачу исследований входило обосновать взаимосвязанные процессы при внедрении элементов технологий выщелачивания цезия-137.

При разработке комплекса мероприятий по технологии выщелачивания радио-цезия из почвы было предусмотрено рассмотреть эффективность применения химических удобрений для ускорения выщелачивания цезия из почв, изменение параметров агрохимических свойств песчаных и супесчаных почв для повышения их плодородия.

Показать роль применения химических мелиорантов на землях дачных участков населенных пунктов и личных подсобных хозяйств.

**Объекты и методы исследования.** Изучение фактического перераспределения радионуклида цезия-137 в результате водной миграции проводилось нами на мелиоративных объектах Брянской области, построенных до Чернобыльской аварии на АЭС.

На этих же системах осуществлялась производственная проверка рекомендуемых водохозяйственных реабилитационных мероприятий.

Полевые исследования проводились в основном в юго-западных районах Брянской области, подвергшихся наибольшему радиоактивному загрязнению.

Для определения фона радиационного излучения в полевых условиях использовались стандартные дозиметрические приборы СРП-68-01, РКСБ-104-Белвар, ДКГ-03Д-«Грач» и другие. Отбирались пробы почвы, грунта, илистых отложений, воды, растений в соответствии с существующими положениями на проведение полевых исследований. С отобранными в полевых условиях образцами в водной лаборатории кафедры природообустройства и водопользования БГСХА изучались процессы водной миграции радионуклидов и управляющее воздействие на нее применительно к проблемам мелиорации и водного хозяйства. Изменение удельной активности проб в ходе опытов определялось на радиометре РУБ-01П6 с 15-ю повторами в радиометрической лаборатории БГСХА.

Общее количество выполненных лабораторно-полевых опытов 108. Продолжительность одного опыта от нескольких часов до нескольких лет. Методика проведения опытов была полностью разработана автором, а её эффективность проверена на отклонение стандартной среднестатистической ошибки, которое было в пределах нормы.

Методической базой математического моделирования служил метод, нашедший широкое применение в химической физике. В рамках этого подхода, используя законы сохранения, строятся кинетические модели, которые представляют собой системы нелинейных дифференциальных уравнений. Адекватность расчетных результатов реальности проверяется сравнением с экспериментальными данными, полученными в ходе собственных лабораторных и полевых исследований, и результатами наблюдений других исследователей.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Известные агрохимические приемы повышения плодородия почвы (известкование, внесение органических и минеральных удобрений) в процессе исследования проявили себя как реабилитационные, снижающие дозу внутреннего облучения населения и животных. В опытах эти удобрения применяли в качестве химических мелиорантов при промывке почв от радио-цезия. Внесение повышенных доз калийных удобрений значительно снижало поступление цезия-137 в сельскохозяйственные растения. Больше всего десорбировалось цезия в раствор KCl из песка, средней и крупной пыли [2]. Когда дозы калийных удобрений больше потребности растений в 2-3 раза, присутствие радионуклидов в урожае снижается в 3-5 раз [2]. Загрязнение урожая цезием уменьшается в 15 раз, если калийные удобрения на кислых почвах вносить после известкования [5]. Норму внесения калийных удобрений повышают в 2 раза в зоне проживания населения с льготным социально-экономическим статусом и в 3 раза в зоне отселения. Несмотря на все издержки, затраты окупаются за счет прибавки урожайности сельскохозяйственных культур. Исследования многих ученых неоднократно показали, что при повышении нормы калийных удобрений свыше 120 кг/га д.в., уменьшение цезия-137 в урожае происходит, но уровень рентабельности снижается. Несмотря на это, защитный эффект от однократного внесения калийных удобрений в высоких дозах (200-300 кг/га д.в.) наблюдается, устойчиво в течение 3-5 лет [2].

Так как ионы калия способствуют снижению перехода цезия из почвы в растения, то наблюдается дискриминация цезия относительно калия. Отношение цезия-137 к калию в растениях значительно меньше, чем оно в почве. Коэффициент дискриминации определяли по формуле:

$$K_{дистр} = \frac{\frac{^{137}Cs}{K}\,в\ растениях}{\frac{^{137}Cs}{K}\,в\ почве}$$

Дискриминация цезия в результате перехода из почвы в растения составляет сотые и тысячные доли единицы [1], а при внесении калия в почву она усиливается.

Ионный радиус цезия-137 больше, чем у калия, поэтому цезий сорбируется в почве быстрее и полнее, чем ионы калия. Но калий в микроконцентрациях в почвенном растворе способствует десорбции цезия-137 обменно поглощаемый глинистыми и слюдистыми мине-

ралами [2]. С повышением содержания калия в почве поглощение цезия растениями уменьшается, ионы калия задерживают поглощение цезия и на сорбционных поверхностях корней, и на почвенных поверхностях коллоидов.

Большие концентрации Na, Li, Ca, Mg, Ba также увеличивали десорбцию Cs-137 как с поверхности почвенных коллоидов, так и с поверхности корней [1].

Внесение повышенных доз калийных удобрений (720, 790 кг/га) на песчаных почвах способствует обогащению их калием, но учитывая высокий промывной режим этих почв и слабую фиксирующую способность по отношению к калию, можно утверждать, что расходование калийных удобрений в таких дозах нерационально. Оправданным можно принять внесение калия 480 кг/га. Для конкретного хозяйства следует выбирать систему внесения удобрений на основании балансовых расчетов, с учетом особенностей почв, рассчитанную на расширенное, поддерживающее и на простое воспроизводство плодородия.

Увеличенное содержание калия в почве позволяет снижать содержание цезия-137 в урожае от 2 до 20 раз [5,6,7], что объясняется антагонизмом К и Cs и «эффектом разбавления» в надземной массе растений.

Внесение калия в Брянской области в последние годы значительно сократилось. В засушливых условиях концентрация цезия в зерне, в люпине (надземная масса) значительно выше допустимого уровня [1]. В полевых условиях поступление цезия-137 в урожай находится в обратной зависимости от количества осадков вегетационного периода года [1].

Если фосфорные и калийные удобрения превышают потребность растений в этих элементах в 2-3 раза, то поступление радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур снижается в 3-5 раза.

Влияние хлористого калия как химического мелиоранта было изучено в лабораторных условиях на песчаной почве при поливе затоплением [3, с. 93]. Исходная удельная активность почвы 11916 Бк/кг. В 13-ом промывном цикле в верхний слой почты 2 см внесено хлористого калия из расчета 259 кг/га. Удельная активность почвы в этом цикле уменьшилась на 205 Бк/кг, что соответствует индивидуальной предотвращенной дозе облучения 0,7 м-3в/год.

**Таблица 1 – Вымыв цезия созданием слоя воды на поверхности песчаной почвы**

| № п/п | $C_ц$ Бк/кг | t пром. сут | W литр | Σ W нараст. литр | ΔC Бк/кг | Э вымыван. % | Интенсификаторы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Начало | 11916 | | | | | | |
| 1 | 11283 | 4 | 202,5 | 202,5 | 633 | 5,3 | |
| 2 | 11181 | 4 | 428,5 | 631,0 | 102 | 6,17 | |
| 3 | 11154 | 3 | 881,3 | 1512,5 | 27 | 6,4 | |
| 4 | 10799 | 4 | 559,9 | 2072,4 | 355 | 9,4 | |
| 5 | 10721 | 4 | 223,6 | 2296 | 78 | 10,03 | |
| 6 | 10671 | 4 | 380,5 | 2676,5 | 50 | 10,45 | |
| 7 | 10549 | 4 | 357,7 | 3034,2 | 122 | 11,5 | ультразвук |
| 8 | 10454 | 4 | 319,0 | 3353,2 | 95 | 12,27 | ультразвук |
| 9 | 10363 | 4 | 317,9 | 3671,1 | 91 | 13,03 | компрессор |
| 10 | 10162 | 4 | 292,4 | 3963,5 | 201 | 14,72 | компрессор |
| 11 | 10027 | 4 | 275,8 | 4239,3 | 135 | 15,85 | компрессор |
| 12 | 9855 | 4 | 194,6 | 4433,9 | 172 | 17,3 | KCl |
| 13 | 9650 | 4 | 230,9 | 4664,8 | 205 | 19,02 | KCl |
| 14 | 9443 | 4 | 215,6 | 4880,4 | 207 | 20,07 | KCl |
| 15 | 9166 | 4 | 260,9 | 5141,3 | 277 | 23,08 | |
| Σ | | 59 | | | | | |

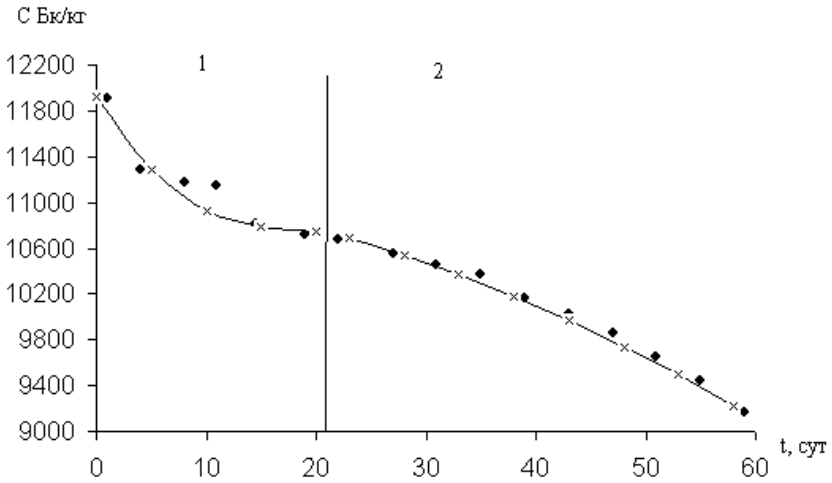



**Рисунок 1**
**1- промывка водопроводной водой; 2 - промывка водой с интенсификаторами**
**♦- экспериментальные точки; х – расчетные точки**

На рисунке 1 нанесены экспериментальные и теоретические точки, которые рассчитываются для периода полива обычной водой по уравнению:

$$C = \frac{2400}{1 + \frac{2400 - 1200}{1200} e^{-0,234t}}$$

с параметрами $C_\infty$ = 2400 Бк/кг, $C_0$ = 1200 Бк/кг, $\mu_1$НВ = 0,234 1/сут и для периода полива водой, обработанной различными интенсификаторами по уравнению:

$$C = \frac{4300}{1 + \frac{4300 - 600}{600} e^{-0,0497t}}$$

с параметрами $C_\infty$ = 4300 Бк/кг, $C_0$ = 600 Бк/кг, $\mu_1$НВ = 0,0497 1/сут.

Графики имеют форму в виде прямой линии, вогнутой и выпуклой кривой (рисунок 1). Описание по модели им соответствует.

В лабораторном опыте с легкосуглинистой почвой исходной удельной активности 4 234 Бк/кг [3, с.109] в десятом цикле вымылось из верхнего слоя 2,4 см почвенной колонны 183 Бк/кг, из второго слоя толщиной 2,5 см – 78 Бк/кг. Этот факт подтверждается, что в агрономических опытах в связи с его высокой подвижностью калий мигрирует в глубь почвы до иллювиального горизонта. В летний период калий также способствует снижению дозы облучения за счет получения более чистой продукции и повышения урожайности. Чем выше урожайность, тем меньше содержание радионуклидов на единицу массы.

При дефиците хлористого калия его целесообразно вносить только на площади повышенного загрязнения цезием, в замкнутых понижениях, на так называемых цезиевых пятнах. На площади 25 га таких пятен может быть 5-7 штук. При общей площади повышенного загрязнения 0,2 га, средняя площадь одного цезиевого пятна равна 0,03-0,04 га, потребуется 260 кг хлористого калия.

На почвах, бедных магнием предпочтительнее вносить при промывке цезия не известь, а доломитовую муку, которая содержит магний. После ее внесения в больших дозах до 10 т/га на легких дерново-подзолистых почвах с недостатком магния повышенные дозы калийных удобрений снижают загрязнение урожая Cs-137 до 15 раз [2]. Защитный эффект сохраняется в течение 3-5 лет.

Внесение аммонийных удобрений приводит к увеличению подвижности цезия-137, а при применении доз, превышающих потребность растений, способствуют накоплению цезия в сельскохозяйственных растениях [1].

Цезий-137 в кристаллической решетке в допустимой степени может замещаться аммонием так же, как и калием [2].

Роль солей аммония в подвижности цезия проверялась в лабораторных условиях при внесении аммиачной селитры ($NH_4NO_3$) на легкосуглинистой почве при поливе дождеванием [3, с.109]. Исходная удельная активность почвы 4234 Бк/кг. Селитру вносили в 12-ом цикле в растворе с водой, и за один полив (цикл) вымыв цезия был равен 443 Бк/кг. Количество селит-

ры, внесенной в 2,2 см слой почвы, составило в пересчете на 1 га – 513 кг. Индивидуальная предотвращенная доза облучения, составила 1,546 м-Зв/год. Коллективная предотвращенная доза составила 0,773 чел.- Зв/год для населенного пункта в 500 человек.

Целесообразно вносить селитру в почвенный слой в растворе с поливной водой. В опыте, в котором вносили селитру в сухом виде на поверхность почвы, отсутствовал вымыв цезия в верхнем слое 2,5 см, а начинался только в нижележащем слое почвы.

Селитра в растворенном виде, внесенная в почву, обеспечивала вымывание и из верхнего слоя, и из лежащих ниже слоев. Так, в опыте [3, с.104] при использовании легкосуглинистой почвы с исходной удельной активностью 4158 Бк/кг, после внесения селитры в 12-ом промывном цикле в растворе вымылось из верхнего 396 Бк/кг, из второго нижнего слоя почвенной колонны – 237 Бк/кг. В 15-ом цикле того же опыта после применения водопроводной воды вымылось 170 Бк/кг из верхнего слоя и из второго – 192 Бк/кг.

В опыте [3, с.109] при промывке слоя легкосуглинистой почвы исходной удельной активности 4234 Бк/кг селитру вносили дождеванием в растворе с дистиллированной водой дозой в 2 раза меньше, чем в предыдущем опыте. В 11-ом цикле вымылось 159 Бк/кг из верхнего слоя и 151 Бк/кг из второго нижнего слоя, в 15-ом цикле, соответственно, из верхнего слоя 114 Бк/кг, из второго слоя 93 Бк/кг. Вымыв в 16-ом цикле составил 168 Бк/кг из верхнего слоя и 133 Бк/кг из второго нижнего слоя. Слои почвы отделялись друг от друга тонким слоем стеклохолста, который применяется в дренажном строительстве.

Многие агрохимические исследования показали, что калийные удобрения, внесённые в почву, в комбинации с другими удобрениями снижают содержание цезия-137 в урожае. На легких почвах самая высокая степень снижения достигается, если питательные элементы вносить в соотношении N: P: K=1:1,5:2 [1]. Использование минеральных удобрений в дозах $N_{150}P_{60}K_{180}$ и $N_{225}P_{90}K_{270}$ позволяет получить клубни картофеля с содержанием цезия в 2,7 и 3,2 раза ниже, чем на контроле.

По данным исследований, питательные вещества выносятся дренажным стоком из осушаемых дерново-подзолистых супесчаных почв в следующем количестве: азота от 8 до 84 кг/га, фосфора – 0,6-1,2, калия до 14, кальция 22-238, магния – 32-62. Питательные элементы, перечисленные в приведенной комбинации, способствуют выщелачиванию цезия-137 из почвы при промывных поливах.

В лабораторных условиях нами были проведены опыты по промывке легкосуглинистой и супесчаной почвы при поливе дождеванием водой из магистрального канала осушительной системы п. Колодезский Новозыбковского района. Из легкосуглинистой почвы за один полив вымылось 118 Бк/кг из верхнего слоя почвенной колонны и 67 Бк/кг из второго нижнего слоя. В следующем поливе при использовании дистиллированной воды вымылось из верхнего слоя 114 Бк/кг, из второго слоя 93 Бк/кг, сказалось последействие удобрений. Опыт с супесчаной почвой при поливах водой из магистрального канала дождеванием (10-й полив) в среднем по двум слоям показал вымыв 187 Бк/кг, второй полив - 373 Бк/кг, третий полив – 240 Бк/кг. Эти показатели достаточно высокие. В западных районах Брянской области, которые наиболее загрязнены цезием, было построено много осушительных систем, которые до сих пор функционируют. В Новозыбковском районе п. Холевичи СПХ «Коммунар» построена и действует в настоящий момент оросительная система на базе современной дождевальной машины BAUER, которая забирает воду из магистрального осушительного канала. Осенью 2015 г пробы почвы, взятые с картофельного поля, показали радиоактивность в пределах 1000 Бк/кг. Этот показатель немного превышает допустимые нормы, но пробы на радиоактивность клубней картофеля показали, что он нормативно чистый.

Рассмотрим роль извести при проведении промывных поливов в лабораторных условиях на легкосуглинистых почвах с начальной удельной активностью 4682 Бк/кг [3, с.120]. Полив по типу капельного орошения осуществлялся с помощью специального капельного устройства. В исследуемый на радиоактивность слой почвы, на глубину 2 см внесено 4,55 г извести – пушонки с тщательным перемешиванием. Если пересчитать на 1 га эта доза составит 1,7 т. Промывным поливом в 10-ом цикле после внесения извести удельная радиоактивность

почвы была снижена на 102 Бк/кг, что соответствует предотвращенной индивидуальной дозе облучения 0,349 м-Зв/год. Предотвращенная коллективная доза облучения для населения 500 человек составит 0,174 чел.– Зв/год.

Н.М. Белоусом и др. (2006) доказано, что навоз, внесенный в почвенный слой в качестве органического удобрения, снижал поступление радионуклида цезия в урожай в 1,5-3 раза и эффект влияния органики был выше на малопродуктивных почвах легкого механического состава [1]. Органическое вещество способно сорбировать небольшое количество цезия–137, но радионуклид все же остается в подвижном состоянии и может легко десорбироваться. Навоз способствует возрастанию плодородия почвы, восполняет потери гумуса и недостаток питательных элементов, увеличивает скорость фильтрации воды, улучшает водно-физические свойства почвы. При окультуривании почвы с использованием навоза повышается урожайность, наращивается биомасса в растениях, в результате чего происходит «разбавление» и снижение поступления цезия в единицу продукции. Б.Н. Анненков Б.Н. и Е.В. Юдинцева рекомендуют вносить органические удобрения под пропашные культуры по 40-60 т/га под зерновые - 20-30 т/га [2]. Под овощные культуры авторы рекомендуют вносить до 100 т торфа на 1 га на небольших территориях.

Опыты по промывке с использованием навоза проводили на дерново-подзолистой почве легкосуглинистой по гранулометрическому составу с исходной удельной активностью 2105 Бк/кг (почву брали в зоне проживания с правом на отселение). Пробу почвы перемешали с сухим измельченным навозом, который взяли на ферме КРС, расположенной за пределами зоны радиоактивного загрязнения. Удельная активность подготовленной пробы снизилась на 136 Бк/кг, при средней поливной норме за один полив – 367 м$^3$/га. Общая промывная норма при этом составила 5142 м$^3$/га. Для уменьшения удельной активности на 1 Бк/кг потребовалось 37,8 м$^3$/га воды. В сравнении с песчаной почвой вымыв оказался ниже в 2,65 раза, но на супесчаной почве затраты воды оказались почти в два раза больше – 9936,5 м$^3$/га.

В опыте с легкосуглинистой почвой без добавления навоза, с начальной удельной активностью 2576 Бк/кг, вымыв цезия составил 247 Бк/кг при общей промывной норме 16737 м$^3$/га, что в 3,9 раза больше, чем при промывке этой почвы с навозом.

Следовательно, навоз снижает эффективность выщелачивания цезия. Однако, учитывая, что удельные затраты воды на 1 Бк/кг в количестве 37,8 м$^3$/га намного меньше, промывка с применением нерадиоактивного навоза становиться целесообразной даже без учета «разбавления» цезия при увеличении урожайности на удобренных навозом орошаемых землях.

В опыте при внесении в почву 10 % навоза скорость фильтрации промывной воды повысилась в 2-3 раза, среднее её значение на почве с навозом составило 0,0264 см/мин, а на почве без навоза — 0,0108 см/мин. Навоз часто используется населением в качестве удобрения почвы на приусадебных и дачных участках, и его применение следует рекомендовать как эффективное легкодоступное реабилитационное мероприятие на территориях, загрязненных цезием-137.

Сравнивая темпы извлечения цезия из почвы с разной степенью загрязнения, на примере проведённых опытов по промывке нами были получены следующие результаты.

При промывке супесчаной почвы с начальной удельной активностью 2303 Бк/кг [3, с.93], после 15 циклов величина выноса цезия составила 21,7 %. В 8 и 14 циклах под промывку вносили аммиачную селитру. Общее снижение удельной активности за 15 циклов было равно 499 Бк/кг.

При промывке песчаной почвы, с исходной удельной активностью 11916 Бк/кг [3, с.93], после 15 циклов величина выноса цезия в процентном отношении – 23,1 % почти такая же, как в предыдущем опыте, но в двух циклах использовался ультразвук, в трех циклах компрессор, и в трех циклах вносился хлористый калий. Общее снижение удельной активности за 15 циклов составило 2750 Бк/кг.

В результате промывки легкосуглинистой почвы с начальной активностью 4159 Бк/кг [3, с. 104] после 15 циклов получен эффект выноса цезия 31,3 %. В 12 и 15 циклах была внесена аммиачная селитра. Для полива применялась дождевая и снеговая вода, а в предыдущих опытах использовали водопроводную воду. Уменьшение удельной активности за всё время промывки - 1302 Бк/кг.

В другом опыте с легкосуглинистой почвой исходной удельной активности 4234 Бк/кг [3, с.109] эффект выщелачивания цезия-137 после 15 циклов составил 24,9 %. В 10 цикле вносился хлористый калий, а в 11, 12 – аммиачная селитра, удельная активность при этом уменьшилась на 1043 Бк/кг.

Супесь промывалась с исходной удельной активностью 11258 Бк/кг [3, с.110], после 12 циклов полива почва очистилась на 2904 Бк/кг. Эффект от промывки был равен 25,4 %, интенсификаторы при этом не применялись, но в пяти циклах почва подвергалась заморозке.

Далее в опыте супесчаная почва с удельной активностью в начале 11664 Бк/кг [3, с.113] промывалась 12 циклов, используя дождевую, снеговую и воду из магистрального осушительного канала. Эффективность очистки в среднем по двум слоям была 22,5 %. Удельная активность в первом слое уменьшилась на 3005 Бк/кг, во втором – на 2230 Бк/кг. Почва при этом 4 раза подвергалась заморозке, интенсификаторы не использовались. Отличие от предыдущего опыта в том, что под слоем радиоактивной почвы был уложен слой цеолита, который способствовал замедлению скорости фильтрации, возможно, потому величины выщелачивания цезия несколько снизились.

Проанализированные опыты показывают, что эффект выщелачивания цезия из более загрязненных почв характеризуется более низкими показателями. Процесс проходит менее интенсивно, но абсолютная величина выноса цезия в несколько раз превышает вымыв цезия из менее загрязненных почв. Сроки полной очистки почв растягиваются, но окупаемость химмелиорантов на более загрязнённых почвах будет выше.

Подобную закономерность менее интенсивного выщелачивания урана из более богатых рудоносных пород обнаружил С.В. Маркелов с соавторами [8].

Кроме того, нами был проведен длительный опыт с 15.12.2006 по 5.03.2008 по промывке цезия из песчаной почвы при создании слоя воды 5,5 см на поверхности. Весь период был разделён на 3 этапа. За первый этап с 15.12.2006 по 5.04.200 7г совершено 15 поливов, продолжительностью 5 суток каждый (см. рисунок 1).

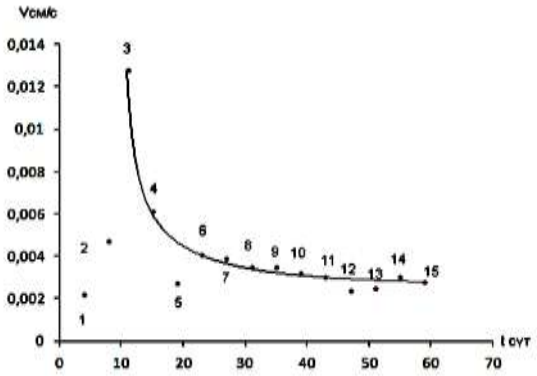



**Рисунок 2 – Изменение скорости фильтрации V на протяжении первого этапа промывки 15.12.2006 - 5.04.2007 г. созданием слоя воды 5,5 см на поверхности песчаной почвы**

Точки 1,2,5 отклонились от кривой в связи с образованием на поверхности почвы пленки гидрата окиси железа; точки 7,8,9,10,11 показывают воздействие ультразвука и компрессора; точки 12,13,14 характеризуют вымыв, при внесении KCl.

Вымыв цезия за один полив, составил в среднем 1,53 %. Как видно из рисунка 2 промывка почвы водопроводной водой в 1-ом, 2-ом и 5-ом циклах характеризуется невысокой средней скоростью фильтрации за цикл. Вода была желто-коричневого цвета, т. е. содержала большое количество растворенного железа. Двухвалентное железо и кислород при фильтрации воды образуют на поверхности почвы пленку из сложного комплекса ионов и окислов железа. Такая пленка способствует снижению скорости фильтрации, что наблюдалось в первом, втором, пятом промывном цикле (рисунок 2). Железо, находящееся в поглощающем комплексе почвы, можно заменить натрием, растворив в воде техническую поваренную соль NaCl. Реакция обмена между Fe и Na в растворе происходит очень быстро, и при подаче воды

продукт обменной реакции хлорное железо интенсивно выносится из почвы. Натрий придает почве высокую плотность в сухом состоянии, а при смачивании - почва сильно набухает и ее фильтрационные свойства резко снижаются.

В 7, 8 цикле (рисунок 2) слой промывной воды обрабатывался ультразвуком. Такая обработка не способствовала увеличению скорости фильтрации, но вызвала разуплотнение диффузного слоя и в результате вымыв цезия в этих циклах значительно увеличился. В 9, 10, 11 циклах слой воды насыщался воздухом с помощью компрессора. В результате существенно увеличилась турбулизация потока и возросла эффективность выщелачивания цезия-137. Полностью проходя почвенную колонну высотой 1 м, фильтрационный поток на выходе оставался насыщенным пузырьками воздуха. В среднем за один цикл благодаря насыщению воздухом вымывалось 140 Бк/кг.

**Выводы.**

1. Необходимость решения вопроса о применении химических мелиорантов обусловливается неравномерностью распределения и дефицитом водных ресурсов. Часто встречается, когда в населенных пунктах деревенский колодец – единственный источник водоснабжения. Необходимо в реабилитационных мероприятиях на землях ЛПХ и дачных участках населённых пунктов использовать химические мелиоранты и навоз. Внесение навоза снижало эффективность вымывание цезия, но небольшие удельные затраты воды на вымыв 1 Бк/кг – 37,8 $м^3$/га, характеризуют промывку с использованием нерадиоактивного навоза как целесообразную.

2. Хлористый калий под промывку загрязненных цезием почв в слой 10 см рекомендуется вносить из расчета 1,3 т/га. Внесенное удобрение не вымывается с иллювиального горизонта и используется вегетирующими растениями в весенне-летний период. При дефиците хлористого калия его целесообразно вносить только в замкнутых понижениях, где формируются цезиевые пятна.

3. Аммиачную селитру рекомендуем вносить в растворенном виде в почвенный слой 10 см дозой 2,3 т/га. Селитра, внесенная в сухом виде на поверхность почвы, не способствовала вымыванию цезия из верхнего слоя 2,5 см, а выщелачивание начиналось только со 2-го слоя.

4. Известь рекомендуется вносить в виде пушонки (в сухом состоянии) дозой 8,6 т/га для слоя 10 см или в виде известкового молока в слой почвы 10 см – по 2,8 т/га. Известь является одим из самых дешевых химмелиорантов.

5. В песчаных и супесчаных почвах Брянской области недостаточно магния для растений, поэтому рекомендуется использовать в качестве удобрения доломитовую муку вместо извести.

6. В качестве источников орошения рекомендуем магистральные осушительные каналы, которые принимают дренажные воды с распаханных земель. Комбинация питательных микроэлементов в этой воде способствует выносу цезия-137 из почвы при промывных поливах. В опытах с легкосуглинистой почвой за один полив происходит снижение удельной активности до 120 Бк/кг и на супесчаной почве – до 180-370 Бк/кг.

7. Вода, насыщенная углекислым газом, не была использована в опытах напрямую для промывки. Углекислый газ, высвобождающийся из почвы при оттаивании мерзлой корочки на поверхности почвы, учитывался в разработанных нами технологиях для ускорения извлечения цезия-137 из замороженных почв, используя периоды с отрицательными температурами воздуха по сезонам промывки.

8. Использование химических мелиорантов под промывку способствует снижению удельных затрат воды в 2-3 раза. Но основная экономия воды происходит за счет уменьшения числа разовых промывок за сезон и даже сокращения количества сезонов. Влияние климатических условий здесь имеет существенное значение.

9. В качестве интенсификатора вымывания рекомендуется использовать ультразвук, который не способствовал увеличению скорости фильтрации, но разуплотнял диффузный слой, а вымывание цезия-137 существенно увеличивалось. Рекомендуется насыщать воду воздухом с помощью компрессора. При этом эффективность вымывания увеличивается и турболизация потока возрастает. В среднем за цикл при насыщении воздухом вымывается 140 Бк/кг.

**Список используемой литературы**

1. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. Брянск: БГСХА, 2006.

2. Анненков Б.Н., Юдинцева Е.В. Основы сельскохозяйственной радиологии // М.: Агропромиздат, 1991.

3. Василенков С.В. Водохозяйственные реабилитационные мероприятия на радиоактивно загрязненных территориях. М.: Изд. МГУП, 2010.

4. Лепорский О.Р., Седов С.Н., Шоба С.А., Бганцов В.Н. Роль промораживания в разрушении первичных минералов подзолистых почв // Почвоведение. 1990. № 6. С.112-116.

5. Алексахин Р.М., Моисеев И.Т., Тихомиров Ф.А. Агрохимия 137Cs и его накопление сельскохозяйственными растениями // Агрохимия. 1977. № 2. С. 129-142.

6. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г. и др.; под ред. Алексахина Р.М., Корнеева Н.А. // Сельскохозяйственная радиоэкология. М.: Экология. 1992.

7. Алексахин Р.М., Моисеев И.Т., Тихомиров Ф.А. Поведение 137Cs в системе почва - растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае // Агрохимия. 1992. № 8. С. 127–138.

8. Маркелов С.В., Малухин Н.Г., Лобанов П.Д. Ресурсосбережение и экология в процессах инженерной геотехнологии при освоении урановых месторождений. М., 2003. С.3-95.

9. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Козлов Д.В. Водохозяйственная радиология. Учебное пособие. М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2009.

10. Василенков С.В. Технология выщелачивания радионуклида цезия из почвы // Природообустройство. 2015. № 5. С.59-63.

**References**

1. Belous N.M., Shapovalov V.F. Produktivnost pashni i reabilitatsiya peschanykh pochv. Bryansk: BGSKhA, 2006.

2. Annenkov B.N., Yudintseva Ye.V. Osnovy selskokhozyaystvennoy radiologii // M.: Agropromizdat, 1991.

3. Vasilenkov S.V. Vodokhozyaystvennye reabilitatsionnye meropriyatiya na radioaktivno zagryaznennykh territoriyakh. M.: Izd. MGUP, 2010.

4. Leporskiy O.R., Sedov S.N., Shoba S.A., Bgantsov V.N. Rol promorazhivaniya v razrushenii pervichnykh mineralov podzolistykh pochv // Pochvovedenie. 1990. № 6. S.112-116.

5. Aleksakhin R.M., Moiseev I.T., Tikhomirov F.A. Agrokhimiya 137Cs i ego nakople-nie selskokhozyaystvennymi rasteniyami // Agrokhimiya. 1977. № 2. S. 129-142.

6. Aleksakhin R.M., Vasilev A.V., Dikarev V.G. i dr.; pod red. Aleksakhina R.M., Korneeva N.A. // Selskokhozyaystvennaya radioekologiya. M.: Ekologiya. 1992.

7. Aleksakhin R.M., Moiseev I.T., Tikhomirov F.A. Povedenie 137Cs v sisteme pochva - rastenie i vliyanie vneseniya udobreniy na nakoplenie radionuklida v urozhae // Agrokhimiya. 1992. № 8. C. 127–138.

8. Markelov S.V., Malukhin N.G., Lobanov P.D. Resursosberezhenie i ekologiya v protsessakh inzhenernoy geotekhnologii pri osvoenii uranovykh mestorozhdeniy. M., 2003. S.3-95.

9. Vasilenkov V.F., Vasilenkov S.V., Kozlov D.V. Vodokhozyaystvennaya radiologiya. Uchebnoe posobie. M.: FGOU VPO MGUP, 2009.

10. Vasilenkov S.V. Tekhnologiya vyshchelachivaniya radionuklida tseziya iz pochvy // Prirodoobustroystvo. 2015. № 5. S. 59-63.

DOI 10.35523/2307-5872-2021-36-3-22-29
УДК 633.11«321» : 631.816

# УРОЖАЙНОСТЬ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА И ВНЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ МАРГАНЦЕМ, МЕДЬЮ И МОЛИБДЕНОМ

**Иванов Д.И.,** Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва;

**Иванова Н.Н.,** Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва;

**Прокина Л.Н.,** Мордовский НИИСХ–филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока

*В статье приводятся данные по урожайности зерна и посевных качеств полученного урожая яровой пшеницы в зависимости от сорта и применения микроудобрительных препаратов марганца, меди, молибдена и ультрамага комби. Исследования проводились в полевом двухфакторном краткосрочном опыте, заложенном в 2018–2019 годах в Мордовском НИИСХ – филиале ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом. Изучали 3 сорта яровой пшеницы: Тулайковская 10, Тулайковская 108 и Йолдыз и 7 вариантов внекорневой обработки удобрительными препаратами: 1) контроль – обработка водопроводной водой; 2) N в амидной форме (фон) – 0,39 кг/га, 3) фон + Mn+Cu; 4) фон + Mn+Mo; 5) фон + Cu+Mo; 6) фон+Mn+Cu+Mo;7) Ультрамаг комби – 2 л/га. Смеси микроэлементов Mn, Cu, Mo применялись в суммарной концентрации 0,03 %, эквивалентной суммарной концентрации микроэлементов в рабочем растворе препарата Ультрамаг комби. Обработки проводили двукратно в фазу кущения и колошения. Было выявлено, что наилучшие показатели продуктивности сформировались у яровой пшеницы сорта Йолдыз. Наибольшая урожайность яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 и Тулайковская 108 складывались при внекорневой обработке посевов парной смесью меди и молибдена на фоне азота, а сорта Йолдыз – марганца и меди, а также марганца и молибдена на фоне азота. Наибольшей отзывчивостью в улучшении посевных качеств под воздействием удобрительных препаратов обладал сорт Йолдыз. Из изучаемых сочетаний микроудобрений парное внесение марганца и меди, марганца и молибдена на фоне азота, а также препарата Ультрамаг комби было наиболее эффективным в улучшении комплекса посевных качеств яровой пшеницы сортов Тулайковская 10 и Йолдыз.*

***Ключевые слова:*** *яровая пшеница, чернозем выщелоченный, сорт, микроудобрения, урожайность, всхожесть, энергия прорастания, сила роста семян.*

***Для цитирования:*** *Иванов Д. И., Иванова Н. Н., Прокина Л. Н. Урожайность и посевные качества яровой пшеницы в зависимости от сорта и внекорневой обработки марганцем, медью и молибденом // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 3 (36). С. 22-29.*

**Введение.** Современный этап развития сельского хозяйства можно отнести к «постиндустриальному», для которого характерно введение щадящих систем, повсеместное применение ресурсосберегающих технологий, многократно снижающих риск неурожая [1]. Данная работа должна быть комплексной. С одной стороны, важно развивать у специалистов-аграриев навыки межъязыковой коммуникации, международное сотрудничество с целью стажировок и обмена опытом по ведению экологического земледелия [2]. С другой стороны, в местных условиях следует вести постоянную экспериментальную работу по изысканию дополнительных возможностей для обеспечения устойчивых урожаев зерновых культур. Ключевую

роль в обеспечении устойчивости урожаев занимает выведение и использование сортов, обладающих значительным потенциалом продуктивности и устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды. Интерес могут представлять новые сорта селекции Татарского НИИСХ, сочетающие высокую урожайность с повышенным адаптивным потенциалом [3], например, сорт Йолдыз. Также интерес представляет сорт яровой мягкой пшеницы Тулайковская 108 – сорт волжской степной агроэкологической группы, показавший преимущество перед лучшими селекционными образцами Самарского НИИСХ [4].

Регулирование минерального питания может рассматриваться как средство преодоления стрессовых условий для развития зерновых культур и существенный фактор повышения продуктивности [5, 6]. В настоящее время создано множество удобрительно-стимулирующих препаратов на основе микроэлементов (ЖУССы, РЕАКОМ, Кристалон, Аквамикс, Тенсококтейль, Микровит, Нутривант, Микроэл, Микромак, Ультрамаг комби, Азосил). Имеется информация об их эффективности [7–12]. Приводятся данные об увеличении урожайности на 13–36 % и повышении качества под воздействием микроудобрений [8, 9, 13]. Отмечена возможность снижения расхода влаги яровой пшеницы при внекорневой обработке микроэлементами [14]. Происходит и дальнейшее развитие производства препаратов, модификация их на основе компонентов аминокислот, гуминовых и фульвокислот, полисахаридов, витаминов [15]. Однако применение комплексных микроудобрительных препаратов в исследованиях некоторых ученых [16] показало неоднозначную эффективность и требует дополнительного изучения. Интересно также выявить сортовую реакцию зерновых культур на применение поликомпонентных удобрительных препаратов.

**Цель.** Цель работы – изучить продуктивность и посевные качества урожая яровой пшеницы в зависимости от сорта и внекорневой обработки сочетанием марганца, меди и молибдена, а также препаратом Ультрамаг комби.

**Методика исследований.** Исследования выполнялись в опытном поле Мордовского НИИСХ – филиале ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Объектом исследования являлась яровая мягкая пшеница трех сортов, возделываемая в 2018-2019 гг. в полевом опыте на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом. Плодородие пахотного слоя почвы характеризовалось следующими агрохимическими показателями: средним содержанием органического вещества (6,9 %), высоким – фосфора и калия (189 и 191 мг/кг соответственно), высоким – меди (5,9 мг/кг), средним – марганца (49,2 мг/кг) и молибдена (0,19 мг/кг), среднекислой реакцией среды ($pH_{KCl}$ = 4,8).

Полевой опыт – двухфакторный в шестикратной повторности. Схема опыта включала 21 вариант:

Фактор А – сорт яровой пшеницы:

1) Тулайковская 10 (стандарт);
2) Тулайковская 108;
3) Йолдыз;

Фактор В – внекорневая обработка удобрительными препаратами:

1) контроль (обработка водопроводной водой);
2) N в амидной форме (фон) – 0,39 кг/га;
3) фон + Mn+Cu (0,03 % по сумме микроэлементов);
4) фон + Mn+Mo (0,03 % по сумме микроэлементов);
5) фон + Cu+Mo (0,03 % по сумме микроэлементов);
6) фон+Mn+Cu+Mo (0,03 % по сумме микроэлементов).
7) Ультрамаг комби – 2л/га.

Размещение вариантов опыта – систематическое методом расщепленных делянок. Способ размещения организованных повторений – сплошной в 1 ярус.

Площадь делянки I-го порядка – 50,4 м$^2$, II-го порядка – 7,2 м$^2$. Учетная площадь делянки II-го порядка составляла 5,5 м$^2$.

В варианте № 7 использовалось многокомпонентное жидкое комплексное микроудобрение для зерновых культур Ультрамаг комби компании Щелково Агрохим. Состав препарата: N в амидной форме (195 г/л), Mg (26 г/л), Cu (11,7 г/л), Fe (10 г/л), Mn (14,3 г/л), Zn (13 г/л), Mo (0,065 г/л), Ti (0,3 г/л). Микроэлементы представлены в хелатной форме. Препарат использовался в рекомендованной производителем норме (2 л/га), при норме расхода рабочего раствора 300 л/га (0,13 %-ный рабочий раствор по азоту).

В варианте № 2 использовался азот в виде карбамида в количестве, эквивалентном внесению препарата Ультрамаг комби (0,39 кг/га).

В вариантах 3–6 применялись парные и тройные смеси микроэлементов Mn, Cu, Mo в суммарной концентрации 0,03 %, эквивалентной суммарной концентрации микроэлементов в рабочем растворе препарата Ультрамаг комби. Использовались сернокислые соли ($MnSO4*5H_2O$, $CuSO_4*5H_2O$) и $(NH_4)_6Mo_7O_{24}*4H_2O$. Для хелатирования применялся $Na_2$ЭДТА в молярном соотношении 1:1.

Во всех вариантах (кроме № 7) дополнительно использовался адьювант Адью (концентрация в рабочем растворе 0,05 %). Все внекорневые обработки проводились двукратно в фазу кущения и колошения.

Предпосевная обработка почвы заключалась в ранневесеннем бороновании и предпосевной культивации. Сев проводили сеялкой СЗТ-3,6 нормой высева 5,5 млн. всхожих семян на 1 га. После посева почву прикатывали. Агротехника в опыте, рекомендованная для условий республики Мордовии. В фазу кущения была проведена баковая обработка гербицидом ТЕРРАстар (0,1 л/га) и инсектицидом Аккорд (0,1 л/га).

Определение агрохимических показателей проводили согласно следующим методикам: кислотность – по ГОСТ 26483-85, массовую долю подвижного фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011), органического вещества – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), массовую долю меди – по ГОСТ Р 50684-94, п. 6.2, марганца – по ГОСТ Р 50682-94, п. 6.2, молибдена – по ГОСТ Р 50689-94, п. 6.2.

Уборка и учет урожая осуществлялись поделяночно путем отбора снопов с 1 м$^2$ с последующим их обмолотом и пересчетом на 100 % чистоту и 14 % влажность. Определение посевных качеств (энергии прорастания, всхожести) проводили по ГОСТ 12038-84 [17] в 4-кратной повторности методом проращивания в рулонах. На 3-й день определяли энергию прорастания, на 7-ой день – всхожесть путем подсчета нормально проросших семян. Сила роста определялась методом морфофизиологической оценки проростков на 5-е сутки [18, с. 211].

Статистическая обработка результатов исследований была проведена методом дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа с использованием пакетов прикладной программы «Stat» на ПЭВМ.

В целом за вегетационный период яровой пшеницы ГТК составил 0,83, что оценивается как засушливый. Наихудшие условия увлажнения складывались с мая по вторую декаду июня (критический период), за данный период выпало осадков меньше среднемноголетней нормы на 28 мм. С третьей декады июня и до конца июля увлажнение восстановилось до средних многолетних норм. ГТК за июль соответствовал нормальным условиям увлажнения.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Урожайность зерна яровой пшеницы отражена на рисунке 1.

В среднем по опыту продуктивность яровой пшеницы сорта Йолдыз превысила таковую как контрольного сорта (Тулайковская 10) на 43 г/м$^2$ (19,5 %), так и сорта Тулайковская 108 на 30 г/м$^2$ (13 %).

У сорта Тулайковская 108 применение азота, а также парное использование Mn и Cu и особенно Cu и Mo вызывало тенденцию к увеличению продуктивности зерна на 25, 20 и 28 г/м$^2$ по отношению к контролю.

У сорта Тулайковская 10 математически достоверное увеличение продуктивности зерна по отношению к контролю наблюдалось на варианте с парным применением Mn+Mo на фоне азота (+50 г/м$^2$, или 26 %) и с парным применением Cu+Mo на фоне азота (+76 г/м$^2$, или 40 %). Причем вариант с внесением Cu+Mo на фоне азота эффективен как по отношению к азотному фону (+69 г/м$^2$, или 35 %), так и по отношению к тройной смеси микроэлементов на фоне азота (+44 г/м$^2$, или 19,6 %).

У сорта Йолдыз произошло достоверное увеличение продуктивности зерна по отношению к контролю на всех вариантах с применением микроэлементов на фоне азота, в том числе при применении препарата Ультрамаг комби (+53…75 г/м$^2$). Причем наиболее эффективен оказался вариант с парным внесением Mn и Cu на фоне азота: прибавка урожая составила 72 г/м$^2$ (34,5 %) по отношению к контролю, 53 г/м$^2$ (22 %) по отношению к азотному фону. Чуть менее эффективным оказался вариант с парным внесением Mn и Mo на фоне азота – прибавка урожая зерна составила 62 г/м$^2$ (29 %) по отношению к контролю.

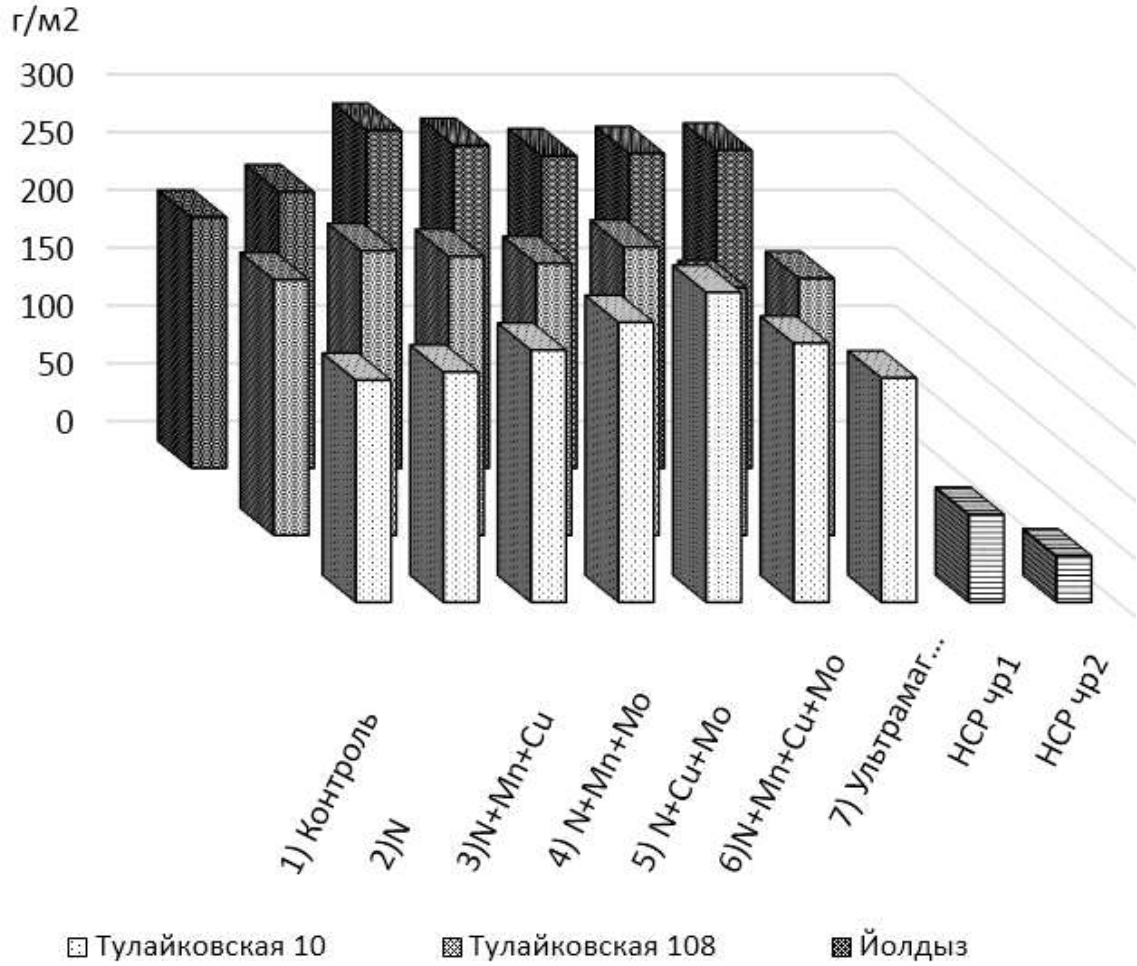



**Рисунок 1 – Урожайность зерна яровой пшеницы**

Экспериментальные данные по посевным качествам потомства яровой пшеницы в зависимости от сорта и применяемых средств внекорневого питания представлены в таблице 1.

Энергия прорастания, определяемая для пшеницы как % нормально проросших семян на третьи сутки, может характеризовать способность семян к одновременному прорастанию, что очень важно для агроценозов. Полученные семена с делянок, не обработанных средствами химизации, не имели существенных различий в энергии прорастания, наблюдалась лишь тенденция к снижению данного показателя у сорта Йолдыз по отношению к сорту Тулайковская 10 (-5,5 %) и Тулайковская 108 (-7,2 %).

Отдельно применяемый азот во внекорневую подкормку вызывал тенденцию к увеличению данного показателя у сорта Тулайковская 10 (на 7,0 %) и существенно увеличивал – у сорта Йолдыз (на 16,0 %) по отношению к контролю (без применения средств внекорневого питания). Совместное применение всех сочетаний микроэлементов на фоне азота было эффективным, однако достоверного увеличения энергии прорастания по отношению к отдельно применяемому азоту не было выявлено.

Из сочетаний микроэлементов большей эффективностью в повышении энергии прорастания обладали на сорте Тулайковская 10 парная смесь Mn+Cu (+7,6 %) и Mn+Mo (+8,6 %) и препарат Ультрамаг комби (+7,5 %), на сорте Тулайковская 108 – Mn+Cu (+6,8 %), а на сорте Йолдыз – парная смесь Mn+Cu (+14,6 %) и Mn+Mo (+14,5 %) и препарат Ультрамаг комби (+14,9 %) по отношению к контролю (без средств химизации). На вариантах с парным применением микроэлементов формировалась и оптимальная структура продуктивности [19]. Тройная смесь микроэлементов имела меньший эффект.

**Таблица 1 – Посевные качества семян яровой пшеницы в зависимости от сорта и применения микроудобрений**

| Вариант опыта | | Энергия прорастания, % | Всхожесть, % | Сила роста | |
|---|---|---|---|---|---|
| Фактор А ( сорт) | Фактор В (обработка удобрительными препаратми | | | % | Сырая масса надземной части, г |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1)Тулайковская 10 | 1) Контроль | 84,5 | 98,0 | 83,5 | 5,35 |
| | 2)N | 91,5 | 99,0 | 90,7 | 6,83 |
| | 3)N+Mn+Cu | 92,1 | 99,5 | 93,7 | 7,10 |
| | 4) N+Mn+Mo | 93,1 | 99,0 | 91,8 | 7,06 |
| | 5) N+Cu+Mo | 89,5 | 97,5 | 88,2 | 6,10 |
| | 6)N+Mn+Cu+Mo | 87,6 | 96,5 | 88,9 | 6,57 |
| | 7) Ультрамаг комби | 92,0 | 97,0 | 89,5 | 6,98 |
| 2) Тулайковская 108 | 1) Контроль | 86,2 | 98,5 | 90,7 | 7,03 |
| | 2)N | 87,5 | 99,5 | 91,3 | 7,10 |
| | 3)N+Mn+Cu | 93,0 | 99,0 | 92,9 | 7,31 |
| | 4) N+Mn+Mo | 89,5 | 99,5 | 93,3 | 7,06 |
| | 5) N+Cu+Mo | 92,1 | 99,5 | 92,7 | 7,38 |
| | 6)N+Mn+Cu+Mo | 86,8 | 100,0 | 92,0 | 6,87 |
| | 7) Ультрамаг комби | 90,5 | 99,0 | 93,3 | 7,46 |
| 3) Йолдыз | 1) Контроль | 79,0 | 94,5 | 80,9 | 6,12 |
| | 2)N | 95,0 | 98,5 | 92,3 | 7,21 |
| | 3)N+Mn+Cu | 93,6 | 98,0 | 93,4 | 7,61 |
| | 4) N+Mn+Mo | 93,5 | 95,5 | 93,4 | 7,31 |
| | 5) N+Cu+Mo | 89,1 | 95,5 | 86,2 | 6,79 |
| | 6)N+Mn+Cu+Mo | 83,9 | 94,0 | 82,8 | 7,31 |
| | 7) Ультрамаг комби | 93,9 | 97,4 | 93,0 | 6,91 |
| $НСР_{05}$ частных различий 1 | | 7,4 | 2,3 | 6,7 | 0,54 |
| частных различий 2 | | 6,7 | 2,2 | 4,4 | 0,73 |

Согласно ГОСТ Р 52325–2005 [20] всхожесть семян пшеницы для категорий оригинальных (ОС), элитных (ЭС) и репродукционных семян (РС) должна быть не менее 92 %, а репродукционных семян, предназначенных для производства товарной продукции, не менее 87 %. Все образцы семян, полученные с различных вариантов, соответствовали требованиям, установленным для всех категорий семян. Отмечено незначительное снижение всхожести семян у сорта Йолдыз (на 3,5 % по отношению к сорту Тулайковская 10 и на 4,0 % по отношению к сорту Тулайковская 108).

Средства внекорневого питания оказались эффективными в повышении всхожести семян только для сорта Йолдыз. Причем наибольшей эффективностью обладал отдельно применяемый азот (+4,0 % по отношению к контролю). Меньшей эффективностью в повышении всхожести обладала парная смесь Mn+Cu на фоне

азота (+3,5 %) и препарат Ультрамаг комби (+2,9 % по отношению к контролю).

Показатель силы роста в дополнение к энергии прорастания позволяет оценить способность семян к одновременному прорастанию сквозь надсеменную прослойку почвы. В целом, сила роста соотносилась с изменением энергии прорастания. Наибольшей силой роста характеризовался сорт Тулайковская 108, наименьшей – Йолдыз. Применение средств внекорневого питания не оказало влияния на силу роста семян яровой пшеницы сорта Тулайковская 108. Наилучшая сила роста семян пшеницы сорта Тулайковская 10 отмечена на вариантах с обработкой парной смесью Mn+Cu на фоне азота (+10,0 %), а также Mn+Mo на фоне азота (+8,1 %), сорта Йолдыз – на вариантах с обработкой парной смесью Mn+Cu и Mn+Mo на фоне азота (+12,5 %), а также препаратом Ультрамаг комби (+12,1 % по отношению к контролю). Причем существенного преимущества применения микроэлементов по отношению к отдельно применяемому азоту не было выявлено. По величине сырой массы 100 проростков выявлена наибольшая эффективность парного применения Mn+Cu и Mn+Mo на фоне азота у яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 и Mn+Cu на фоне азота – у сорта Йолдыз.

Применение при внекорневой обработке более 2 микроэлементов в смеси, в том числе поликомпонентных препаратов, оказалось менее эффективным, чем парное применение отдельных микроэлементов. Вероятно, это связано с уменьшением концентрации какого-либо значимого микроэлемента в поликомпонентной смеси, а также возможными процессами антагонизма. Ранее исследованиями Иванова Д. И. с соавторами [21] в лабораторном опыте с яровой пшеницей сорта Тулайковская 10 были установлены явления антагонизма при совместном применении Mn+Co, Cu+Zn, Cu+Co, Mo+Co. Явления синергизма были установлены при совместном применении Mn+Mo, Mn+Cu, Mo+Cu.

Установлено, что исключение марганца из тройной смеси микроэлементов при обработках вызывало тенденцию к снижению силы роста у сортов Тулайковская 10 и Йолдыз. Можно предположить, что снижение эффективности действия микроэлементов в тройной смеси и смеси из более трех микроэлементов может быть связано со снижением удельной концентрации значимого микроэлемента (вероятнее всего, марганца) в рабочем растворе.

***Выводы.*** Из трех изученных сортов яровой пшеницы наилучшие показатели продуктивности складывались у сорта Йолдыз.

Наилучшие показатели урожайности яровой пшеницы сорта Тулайковская 10 и Тулайковская 108 складывались при внекорневой обработке посевов парной смесью меди и молибдена на фоне азота, а сорта Йолдыз – марганца и меди, а также марганца и молибдена на фоне азота.

Наибольшей отзывчивостью в улучшении посевных качеств под воздействием удобрительных препаратов обладал сорт Йолдыз. Из изучаемых сочетаний микроудобрений парное внесение марганца и меди, марганца и молибдена, а также препарата Ультрамаг комби было наиболее эффективным в улучшении комплекса посевных качеств яровой пшеницы сортов Тулайковская 10 и Йолдыз.

**Список используемой литературы**

1. Мальцева В. А. Становление и развитие аграрного сектора мировой экономики // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 87. С. 556–574.

2. Лаптева И. В. Образовательные технологии при обучении иностранному языку на с.-х. факультете // Научные основы современных агротехнологий в сельскохозяйственном производстве: Мат. Всеросс. науч.-практ. конф. Саранск, 2015. С. 339–343.

3. Василова Н. З., Багавиева, Асхадуллин Д- Р. Ф., Асхадуллин Д-Л. Ф., Тазутдинова М. Р Новые сорта яровой мягкой пшеницы селекции ТатНИИСХ // Земледелие. 2015. № 8. С. 46–48.

4. Сюков В. В., Вьюшков А. А., Поротькин С. Е. Сорт яровой мягкой пшеницы Тулайковская 108 // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4 (52). С. 1–7.

5. Володько И. К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. Минск: Наука и техника, 1983.

6. Иванов Д. И. Влияние механического уплотнения и средств химизации на показатели плодородия чернозема выщелоченного и продуктивность травяного звена севооборота : дис. ... канд. с.-х. наук. Саранск, 2007.

7. Прокина Л. Н. Отзывчивость яровой пше-

ницы к внесению макро- и микроудобрений в условиях юга Нечерноземной зоны // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 7. С. 31–34.

8. Прокина Л. Н., Зорькин Н. В. Влияние минеральных удобрений и препарата ЖУСС-2 на урожайность и качество зерна овса на черноземе выщелоченном // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 23–25.

9. Прокина Л. Н. Влияние минеральных удобрений и микроэлементов на фоне известкования почвы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зернотравяном севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 3. С. 13–15.

10. Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. И., Бузов В. А., Олейников А. Ю., Редькина Н. В. Эффективность микроудобрений Микромак и Микроэл в посевах озимой пшеницы на черноземе выщелоченном // Плодородие. 2010. № 1 (52). С. 24–25.

11. Исаев М. Д., Гайсин И. А., Реут В. И. Микроэлементы в земледелии // Информационный бюллетень. Казань, 2009. № 4. С. 3–6.

12. Булыгин С.Ю., Демишев Л.Ф., Доронин В. А. и др. Микроэлементы в сельском хозяйстве /: под ред. С. Ю. Булыгина.– Дніпропетровськ : «Січ», 2007.

13. Аристархов А. Н. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур // Агрохимия. 2010. № 9. С. 36–49.

14. Ivanov D. I., Ivanova N. N., Alhajemi A. D. R. Spring wheat productivity and water consumption depending on the moistening conditions of leachedchernozem and treatment with manganese, zinc, and cobalt // Ecology, Environment and Conservation. 2020. № 26 (1). С. 400–404.

15. Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: Материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции. М.: ООО «Плодородие», 2018.

16. Кудашкин М. И. Медь и марганец в агроландшафтах юга Нечерноземья. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, Ковылк. тип., 2008.

17. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 1986–07–01. М. : Стандартинформ, 2011.

18. Практикум по физиологии растений. 3-е изд.. перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1990.

19. Ivanov D. I., Ivanova N. N., Prokina L. N., Alhajemi A. D. R. The structure of productivity of spring wheat depending on the variety and foliar treatment with manganese, copper and molybdenum // Journal of Agriculture and Environment. 2020. № 2 (14). С. 27–32.

20. ГОСТ Р 52325–2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. Введ. 2006–01–01. М.: Стандартинформ, 2009.

21. Влияние раздельного и совместного применения марганца, цинка, меди, молибдена и кобальта на ростовые показатели яровой // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти проф. С. А. Лапшина. Саранск : изд-во Мордов. ун-та, 2013. С. 89– 93.

## References

1. Maltseva V. A. Stanovlenie i razvitie agrarnogo sektora mirovoy ekonomiki // Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrar-nogo universiteta. 2013. № 87. S. 556–574.

2. Lapteva I. V. Obrazovatelnye tekhnologii pri obuchenii inostrannomu yazyku na s.-kh. fakultete // Nauchnye osnovy sovremennykh agrotekhnologiy v selskokhozyaystvennom pro-izvodstve: Mat. Vseross. nauch.-prakt. konf. Saransk, 2015. S. 339–343.

3. Vasilova N. Z., Bagavieva, Askhadullin D- R. F., Askhadullin D-L. F., Tazutdinova M. R Novye sorta yarovoy myagkoy pshenitsy selektsii TatNIISKh // Zemledelie. 2015. № 8. S. 46–48.

4. Syukov V. V., Vyushkov A. A., Porotkin S. Ye. Sort yarovoy myagkoy pshenitsy Tulaykovskaya 108 // Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2017. № 4 (52). S. 1–7.

5. Volodko I. K. Mikroelementy i ustoychivost rasteniy k neblagopriyatnym fakto-ram sredy. Minsk: Nauka i tekhnika, 1983.

6. Ivanov D. I. Vliyanie mekhanicheskogo uplotneniya i sredstv khimizatsii na pokazateli plodorodiya chernozema vyshchelochennogo i produktivnost travyanogo zvena sevooborota : dis. ... kand. s.-kh. nauk. Saransk, 2007.

7. Prokina L. N. Otzyvchivost yarovoy pshenitsy k vneseniyu makro- i mikroudobreniy v usloviyakh

yuga Nechernozemnoy zony // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011. № 7. S. 31–34.

8. Prokina L. N., Zorkin N. V. Vliyanie mineralnykh udobreniy i preparata ZhUSS-2 na urozhaynost i kachestvo zerna ovsa na chernozeme vyshchelochennom // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2013. № 6. S. 23–25.

9. Prokina L. N. Vliyanie mineralnykh udobreniy i mikroelementov na fone izvestkovaniya pochvy na urozhaynost i kachestvo zerna ozimoy pshenitsy v zernotravyanom sevooborote // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T. 29. № 3. S. 13–15.

10. Yesaulko A. N., Grechishkina Yu. I., Buzov V. A., Oleynikov A. Yu., Redkina N. V. Effektivnost mikroudobreniy Mikromak i Mikroel v posevakh ozimoy pshenitsy na chernozeme vyshchelochennom // Plodorodie. 2010. № 1 (52). S. 24–25.

11. Isaev M. D., Gaysin I. A., Reut V. I. Mikroelementy v zemledelii // Informatsion-nyy byulleten. Kazan, 2009. № 4. S. 3–6.

12. Bulygin S.Yu., Demishev L.F., Doronin V. A. i dr. Mikroelementy v selskom khozyaystve pod red. S. Yu. Bulygina.– Dnipropetrovsk : «Sich», 2007. 100 s.

13. Aristarkhov A. N. Deystvie mikroudobreniy na urozhaynost, sbor belka, kachestvo produktsii zernovykh i zernobobovykh kultur // Agrokhimiya. 2010. № 9. S. 36–49.

14. Ivanov D. I., Ivanova N. N., Alhajemi A. D. R. Spring wheat productivity and water consumption depending on the moistening conditions of leachedchernozem and treatment with manganese, zinc, and cobalt // Ecology, Environment and Conservation. 2020. № 26 (1). S. 400–404.

15. Perspektivy ispolzovaniya innovatsionnykh form udobreniy, sredstv zashchity i re-gulyatorov rosta rasteniy v agrotekhnologiyakh selskokhozyaystvennykh kultur: Materialy dokladov uchastnikov 10-y nauchno-prakticheskoy konferentsii. M.: OOO «Plodorodie», 2018.

16. Kudashkin M. I. Med i marganets v agrolandshaftakh yuga Nechernozemya. Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta, Kovylk. tip., 2008.

17. GOST 12038–84. Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya vskhozhesti. Vved. 1986–07–01. M. : Standartinform, 2011.

18. Praktikum po fiziologii rasteniy. 3-e izd.. pererab. i dop. M. : Agropromizdat, 1990.

19. Ivanov D. I., Ivanova N. N., Prokina L. N., Alhajemi A. D. R. The structure of productivity of spring wheat depending on the variety and foliar treatment with manganese, copper and molybdenum // Journal of Agriculture and Environment. 2020. № 2 (14). S. 27–32.

20. GOST R 52325–2005. Semena selskokhozyaystvennykh rasteniy. Sortovye i posevnye kachestva. Obshchie tekhnicheskie usloviya. Vved. 2006–01–01. M.: Standartinform, 2009.

21. Vliyanie razdelnogo i sovmestnogo primeneniya margantsa, tsinka, medi, molibdena i kobalta na rostovye pokazateli yarovoy // Resursosberegayushchie ekologicheski bezopasnye tekhnologii proizvodstva i pererabotki selskokhozyaystvennoy produktsii: materialy IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati prof. S. A. Lapshina. Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta, 2013. C. 89– 93.

DOI 10.35523/2307-5872-2021-36-3-30-35
УДК 631.84

# ВЛИЯНИЕ АЗОТНОЙ ПОДКОРМКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**Уткин А.А.,** ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА;
**Лукьянов С.Н.,** ФГБУ центр агрохимической службы «Владимирский»

*В полевом производственном опыте на озимой пшенице с применением разных доз и сроков внесения азота в подкормку установлено, что использование минеральных удобрений обеспечивало существенную (на 12,4 ц/га) прибавку урожайности. Применение диагностических доз азотных удобрений также значительно увеличивало урожайность озимой пшеницы по отношению к контролю на 16,5-20,8 ц/га, а к фоновому варианту – на 4,1-8,4 ц/га. Дополнительное внесение диагностических доз азотных удобрений оправдывалось и более высокой окупаемостью удобрений. Так, при внесении расчетных доз на планируемый урожай зерна окупаемость составила 9,5 кг зерна на 1 кг действующего вещества, а при внесении диагностических доз азота возросла до 10,3-10,9 кг/кг, что примерно в 2 раза выше нормативного (5-6 кг зерна/1 кг д.в.) значения. Внесение минеральных удобрений и, прежде всего, азота, оказало значительное влияние на качество зерна. Внесение расчетной фоновой дозы удобрений и диагностических доз азота повышало содержание протеина в зерне, содержание сырой клейковины и клетчатки по сравнению с контролем. Содержание нитратов в зерне повышалось с увеличением применяемой дозы азота, но тем не мене находилось в малых концентрациях, значительно ниже предельно допустимой концентрации. Выращенное зерно пшеницы контрольного варианта по массовой доле сырой клейковины и протеина относится к 5 классу – фуражное зерно. Использование полного минерального удобрения повысило классность выращенного зерна до 4 класса – продовольственное зерно. Самые высокие качественные показатели зерна были достигнуты при проведении подкормки по данным комплексной диагностики, при этом выращенное зерно соответствовало 3 классу (ценное зерно). Самая низкая себестоимость и самая высокая рентабельность производства зерна получена в варианте с использованием комплексной (почвенной и тканевой) диагностической дозы азота на фоне минеральных удобрений.*

***Ключевые слова:*** *азотные удобрения, подкормка, урожайность, качество зерна, озимая пшеница.*

***Для цитирования:*** *Уткин А.А., Лукьянов С.Н. Влияние азотной подкормки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 3 (36). С. 30-35.*

**Введение.** Многочисленными исследованиями на разных типах почв установлено, что рациональное использование минеральных удобрений при возделывании широкого набора сельскохозяйственных культур позволяет получать сельскохозяйственным товаропроизводителям дополнительные прибавки урожая достойного качества [1, с. 557, 562, 2, с. 424].

Озимая пшеница – это урожайная и хозяйственно ценная зерновая культура, широко возделываемая во многих почвенно-климатических зонах России, в том числе, в Нечерноземье и во Владимирской области.

В структуре посевных площадей зерновых культур, выращиваемых во Владимирской области, на долю озимой пшеницы приходится

около 20-25 %, а ее доля в общем объеме валовых сборов зерна составляет примерно 25 % [3].

Увеличение урожайности зерна озимой пшеницы при сохранении высоких качественных характеристик является главной задачей, которая должна решаться в системе удобрения этой зерновой культуры.

Правильный выбор доз и сроков применения удобрений, и прежде всего, азотных, на основе использования данных диагностик позволит эффективнее и с меньшими затратами материальных средств получать дополнительное количество качественного зерна.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования – определить эффективность применения выбранных доз и сроков применения азота в подкормку в течение вегетации озимой пшеницы по данным почвенной и растительной (тканевой) диагностик.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

1. Определить влияние применения NPK-минерального фона, выбранных доз и сроков применения азота в течение вегетации на урожайность зерна пшеницы.
2. Установить окупаемость получения прибавки зерна от применения 1 кг действующего вещества удобрений.
3. Изучить влияние полного минерального удобрения, доз и сроков применения азота на качественный состав зерна пшеницы по содержанию клейковины, протеина, клетчатки и нитратов, и определить классность выращенного зерна.

**Объекты и методы исследования.** В 2019 году на базе КФХ ИП Ломакин В.М. Судогодского района Владимирской области был заложен полевой производственный однофакторный опыт согласно следующей схеме:

1. Контроль (без минеральных удобрений).
2. Фон – внесение минеральных удобрений под урожай зерна 40 ц/га ($N_{30}P_{40}K_{60}$).
3. Фон + N по результатам почвенной диагностики ($N_{30}$).
4. Фон + N по результатам комплексной диагностики (почвенная $N_{30}$ и тканевая $N_{30}$).

Общая площадь делянки – 1000 м$^2$, учетная площадь – 850 м$^2$. Площадь опыта – 1,2 га. Размеры делянки: 24 м × 45 м. Количество опытных вариантов – 4. Повторность – 3-х кратная. Расположение повторностей – трёхъярусное, расположение вариантов – встречное.

Опытная культура – озимая пшеница, сорт – «Заря», относящийся к мягким сортам. Культура-предшественник – однолетние травы на зеленую массу.

Для опыта был выбран участок с дерново-сильноподзолистыми супесчаными почвами. Участок находился на водоразделе холмисто-волнистой равнины. По агроэкологической группировке земель участок относятся к плакорным, с автоморфными зональными почвами.

Химические анализы почвы были выполнены согласно принятым в агрохимической практике методикам.

Агрохимические показатели вариантов почвы опыта перед закладкой варьировали незначительно и составляли: $pH_{сол.}$ (потенциометрически) – 4,95-5,00 (среднекислая); органическое вещество (по методу Тюрина в модификации ЦИНАО) – 1,31% (очень низкое); содержание подвижных соединений фосфора и калия (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО): 68,5-69,4 мг/кг (среднее) и 81,3-83,6 мг/кг почвы (среднее) соответственно.

В целом, почва опытного участка имела слабую степень окультуренности.

В эксперименте использовали следующие виды минеральных удобрений: азотные – Naa (34,5 % N); фосфорные - Рсд (43 % $P_2O_5$); калийные – Кх (56 % $K_2O$).

Основная обработка почвы под культуру заключалась в проведении отвальной вспашки плугом на глубину 20 см. Внесение минеральных удобрений осуществляли под предпосевную культивацию (КПС-4) на глубину 10 см с одновременным боронованием (БЗСС-1,0).

Посев озимой пшеницы проводили 20 сентября 2018 г. при помощи зернотравяной сеялки СЗТ-3,6 с коэффициентом высева 6 млн всхожих семян на 1 га.

Диагностические дозы азотных удобрений в соответствии с рекомендациями вносились в два срока – 4 мая (почвенная диагностика) и 6 июня (тканевая) 2019 г.

Уборка урожая осуществлялась вручную 10 августа 2019 года. Способ учета урожая – по пробному снопу (масса около 6 кг). Отбор

снопов пшеницы проведен с учетных площадок общей площадью 1 м$^2$ по диагонали учетной площади делянки по каждому варианту опыта. Обмолот зерна проведен вручную с последующим взвешиванием и пересчетом урожайности на стандартную 14 % влажность и 100 % чистоту в центнерах на гектар.

Урожайные данные подвергались статистической обработке дисперсионным анализом [4, с. 218-223].

Метеорологические условия вегетационного периода отчетного года были достаточно благоприятны для роста и развития озимой пшеницы, что позволило сформировать относительно неплохой урожай зерна на всех изучаемых вариантах. Период вегетации озимой пшеницы в условиях опыта характеризовался, в целом, близкими значениями к среднемноголетним показателям. Вместе с тем было отмечено превышение температурных значений в начальные фазы развития пшеницы осенью 2018 года и более низкими – зимой (на 7,5° С ниже по сравнению со среднемноголетними значениями в декабре 2018 г., на 9,0° С – в январе и на 3,4° С – в феврале 2019 г.) на фоне увеличения в 1,5 раза количества среднемесячных осадков.

Теплая весна 2019 г. оказала положительное влияние на возобновление вегетации культуры. В период активного роста вегетативной массы и созревания зерна были отмечены экстремальные колебания температуры, на 3,1° С ниже среднемноголетних значений [5, с. 78].

В целом за период вегетации накопленная сумма эффективных температур свыше 10° С составила 754° С, а положительных температур – 1937° С, что достаточно для реализации программы формирования урожая озимой пшеницы. В то же время анализ расчетов по гидротермическому коэффициенту (ГТК) показал, что за весь период вегетации ГТК составил 1,33, но в отдельные периоды он варьировал в пределах от 0,68 до 2,18, что можно характеризовать как экстремальные условия от остро засушливых в вегетативные фазы роста до избыточно влажных в период налива-созревания зерна. Такая неравномерность увлажнения могла негативно повлиять на урожайность и качество зерна и на эффективность действия минеральных удобрений в опыте.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Применение минеральных удобрений не оказало влияния на дружность прорастания семян и сроки появления всходов озимой пшеницы. При их использовании всходы озимой пшеницы появились одновременно на всех опытных вариантах 26 сентября (через 6 дней после посева), в том числе и на контроле.

Период осенней вегетации составил 52 дня, зимний период покоя длился 118 дней. Вносимые удобрения ускоряли на 1-2 дня прохождение межфазных периодов на ранних этапах и, наоборот, заметно увеличивали их при созревании зерна.

Агрометеорологические условия, сложившиеся в 2019 году, повлияли на сроки созревания зерна. В целом, с учетом зимнего периода, вегетационный период от появления всходов до полной спелости составил от 297 до 303 дней. При этом удобрения способствовали затягиванию его на 5-6 дней.

Формирование элементов урожая озимой пшеницы неразрывно связано с условиями минерального питания, роста и развития. Общая и продуктивная кустистость, высота растений, длина колоса, его озерненность – все это результат сложных процессов, протекающих в растении под воздействием условий произрастания на протяжении всего вегетационного периода.

Коэффициент продуктивного кущения находится в тесной зависимости от видовых и сортовых особенностей пшеницы, условий водоснабжения, плодородия почв и применения удобрений. В наших исследованиях удобрения в целом оказали благоприятное влияние на элементы структуры урожая озимой пшеницы.

Необходимо отметить, что действие удобрений зависело от погодных условий и густоты посевов. В относительно засушливых условиях начала вегетации 2019 года, сохранявшихся до созревания зерна, почти на всех вариантах наблюдалось депрессивное развитие растений, особенно без внесения минеральных удобрений.

Густота общего и продуктивного стеблестоя под воздействием минеральных удобрений и сочетания их с последействием навоза увеличилось в 1,1-1,3 раза по сравнению с контролем. Наибольшее число колосоносных стеблей наблюдалось при внесении полной нормы минеральных удобрений. При этом улучшение

условий питания способствовало повышению продуктивной кустистости до 1,74-1,96.

Основная роль в повышении продуктивности колоса принадлежит его озерненности. Нами выявлено, что наименьшая длина колоса (5,43 см) и число зерен в нем (21,5 шт.) отмечены на контроле. При внесении удобрений длина колоса увеличилась на 1,85-2,95 см и количество зерен в нем на 7,0-12,3 штук.

Максимальный вес зерен с одного колоса – 0,73 г отмечен при внесении фоновой нормы удобрений (2 вариант), наименьший – 0,55 г, вследствие более загущенных стеблестоев – в 4 варианте при внесении полной дозы, а также на контроле.

**Таблица 1 – Влияние удобрений на урожайность зерна и их окупаемость**

| Вариант | Урожайность, ц/га* | Прибавка, ц/га | | | Окупаемость, кг зерна/кг д.в. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Контроль | 14,0 | - | - | - | - | - | - |
| Фон ($N_{30}P_{40}K_{60}$) | 26,4 | 12,4 | - | - | 9,5 | - | - |
| Фон + ($N_{30}$) | 30,5 | 16,5 | 4,1 | - | 10,3 | 13,7 | - |
| Фон + ($N_{30}$ + $N_{30}$) | 34,8 | 20,8 | 8,4 | 4,3 | 10,9 | 14,0 | 14,3 |
| $НСР_{05}$ | 0,9 | | | | | | |

* Примечание: приведены средние значения урожайности с 4-х повторений

В наших исследованиях было установлено, что внесение минеральных удобрений обеспечило существенную прибавку урожайности (табл. 1). Фактическая урожайность в опыте после подработки зерна составила 14,0-34,8 ц/га в пересчете на стандартную влажность и чистоту. Несмотря на то, что неблагоприятные метеорологические условия не позволили полностью выполнить программу урожая (план 40 ц/га), внесение расчетной дозы удобрений обеспечило прибавку урожая 12,4 ц/га при полученной величине $НСР_{05}$ 0,9 ц/га. От применения диагностической дозы удобрений урожайность озимой пшеницы по отношению к контролю, где удобрения не вносили, возросла на 16,5-20,8 ц/га, а к фоновому варианту – на 4,1-8,4 ц/га.

Дополнительное внесение диагностических доз азотных удобрений оправдывалось, кроме того, и более высокой окупаемостью удобрений. Так, при внесении расчетных доз на планируемый урожай зерна окупаемость составила 9,5 кг зерна на 1 кг д.в., а при внесении диагностических доз возросла на 1,4 кг/кг до 10,9 кг/кг.

Внесение минеральных удобрений и, прежде всего, азота, оказало значительное влияние на качество зерна (табл. 2). Так, внесение расчетной дозы удобрений повышало содержание протеина в зерне с 9,41 до 10,02 %, а диагностических доз – до 12,48 %, содержание сырой клейковины, соответственно, – с 16,9 до 19,8 и 23,5 %, клетчатки – с 1,51 до 1,67 и 1,98 %.

**Таблица 2 – Качественный состав урожая зерна озимой пшеницы**

| Вариант | Клейковина, %* | Протеин, %* | Клетчатка, %* | Нитраты, мг/кг* |
|---|---|---|---|---|
| Контроль | 16,9 | 9,41 | 1,51 | 19,3 |
| Фон ($N_{30}P_{40}K_{60}$) | 19,8 | 10,02 | 1,67 | 21,0 |
| Фон + ($N_{30}$) | 21,7 | 12,31 | 1,84 | 23,1 |
| Фон + ($N_{30}$ + $N_{30}$) | 23,5 | 12,48 | 1,98 | 26,5 |

* Примечание: приведены средние значения показателей с 4-х повторений

Согласно действующему ГОСТ 9353-2016 [6, с. 4], зерно озимой пшеницы, выращенное в условиях контрольного варианта, по массовой доле сырой клейковины и белка (протеина) относится к 5 классу – фуражное зерно. Использование полного минерального удобрения (2 вариант) повысило классность выращенного зерна по изучаемым показателям до 4 класса – продовольственное зерно. Применение $N_{30}$ в подкормку по данным почвенной диагностики (3 вариант) позволило получить зерно, по содержанию клейковины относящееся к 4 классу, а по содержанию протеина – к 3 классу (ценное зерно). Самые высокие качественные показатели зерна были достигнуты в 4 варианте (фон + $N_{30}$ + $N_{30}$), выращенное зерно соответствовало 3 классу.

Важной частью качественного анализа зерна является его кормовая и пищевая безопасность. Нитраты в зерне обычно содержатся в количестве, не превышающем предельно допустимой концентрации. При высушивании большинство нитратных солей разрушается. Вместе с тем нитраты в пшенице, не подвергавшейся обработке, могут оказаться из-за использования необоснованно завышенных доз азотсодержащих удобрений. При исследовании зерна в опыте было установлено, что содержание нитратов находилось в пределах 19,3-26,5 мг/кг, что соответствует безопасным концентрациям ($ПДК_{NO3}$ = 300 мг/кг) [7, с. 1].

Производственные затраты при возделывании озимой пшеницы в опыте составили 11937 руб./га в варианте без применения удобрений (в т.ч. на оплату труда, ГСМ, ядохимикаты и другие расходные материалы) и до 18312 руб./га с использованием минеральных удобрений. Чтобы окупить такие затраты, необходимо получать значительные прибавки урожайности от их применения.

Высокая стоимость дополнительно полученного урожая оказала существенное влияние на экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы. Так, самая низкая себестоимость и самая высокая рентабельность производства зерна получена в варианте с использованием комплексной (почвенной и тканевой) диагностической дозы минеральных удобрений (соответственно – 5369,7 руб./т и 120,4 %).

Проведенный полевой эксперимент показал, что применение расчётной дозы минеральных удобрений приводит к росту показателей экономической эффективности возделывания озимой пшеницы. Такие дозы минеральных удобрений окупаются прибавкой урожая и могут быть рекомендованы производству, то есть снижение производственных затрат путем отказа от внесения минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы не приводит к повышению экономической эффективности производства, так как урожайность озимой пшеницы в этом случае значительно ниже. Поэтому на дерново-сильноподзолистых супесчаных почвах озимую пшеницу экономически выгоднее возделывать с внесением рекомендованных научными учреждениями региона доз минеральных удобрений.

**Выводы:** 1. Внесение минеральных удобрений в дозах, рассчитанных на планируемый урожай зерна, на дерново-сильноподзолистых супесчаных почвах с низким уровнем естественного плодородия в условиях 2019 года было эффективным.

2. В результате опытов установлено, что внесение расчетных доз азотных удобрений по результатам комплексной диагностики под озимую пшеницу является наиболее эффективным агротехнологическим решением. Прибавка урожая по данному варианту по сравнению с контрольным вариантом без внесения удобрений составила 20,8 ц/га.

3. На каждый килограмм диагностической дозы азота по действующему веществу получено до 10,9 кг зерна.

4. Внесение расчетных и диагностических доз минеральных удобрений оказывает существенное влияние на качество зерна озимой пшеницы, повышая содержание протеина, клетчатки и сырой клейковины без превышения предельно допустимых уровней содержания нитратов в зерне.

Зерно пшеницы, выращенное в условиях контрольного варианта, соответствовало 5 классу качества – фуражное зерно. Наиболее качественное зерно было получено при внесении азота в подкормку по данным почвенной и тканевой диагностик на фоне полного минерального удобрения – 3 класс (ценное зерно).

5. Увеличение производственных затрат при возделывании озимой пшеницы на внесение минеральных удобрений привело тем не менее

к повышению экономической эффективности производства, так как полученная стоимость прибавки урожайности компенсировала затраты на ее получение.

**Список используемой литературы**

1. Агрохимия. Учебник. М.: «Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова», 2017.

2. Уткин А.А. Применение удобрений на загрязненных тяжелыми металлами почвах как фактор повышения урожайности культур // Пятая Международная научная конференция Ирана и России по проблемам развития сельского хозяйства. СПб., 2009. С. 423-425.

3. Официальный сайт. Департамент сельского хозяйства Владимирской области.

URL: https://dsx.avo.ru/, свободный. (Дата обращения: 03.04.2021).

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: «Агропромиздат», 1985.

5. Агроклиматические ресурсы Владимирской области. Ярославль: «Верх.-Волж. кн. изд-во», 1968.

6. ГОСТ 9353-2016. Межгосударственный стандарт. Пшеница. Технические условия. Издание официальное. Введ. 2018-07-01. М.: «Стандартинформ», 2019.

7. Нормы предельно допустимой концентрации (ПДК) нитратов и нитритов в кормах для сельскохозяйственных животных и основных видах сырья для комбикормов (взамен норм, утвержденных Главным управлением ветеринарии Минсельхоза СССР 25.10.82 г. и 10.06.83 г. № 117-11).

**References**

1. Agrokhimiya. Uchebnik. M.: «Izd-vo VNIIA im. D.N. Pryanishnikova», 2017.

2. Utkin A.A. Primenenie udobreniy na zagryaznennykh tyazhelymi metallami pochvakh kak faktor povysheniya urozhaynosti kultur // Pyataya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Irana i Rossii po problemam razvitiya selskogo khozyaystva. SPb., 2009. S. 423-425.

3. Ofitsialnyy sayt. Departament selskogo khozyaystva Vladimirskoy oblasti. URL: https://dsx.avo.ru/, svobodnyy. (Data obrashcheniya: 03.04.2021).

4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. M.: «Agropromizdat», 1985.

5. Agroklimaticheskie resursy Vladimirskoy oblasti. Yaroslavl: «Verkh.-Volzh. kn. izd-vo», 1968.

6. GOST 9353-2016. Mezhgosudarstvennyy standart. Pshenitsa. Tekhnicheskie usloviya. Izdanie ofitsialnoe. Vved. 2018-07-01. M.: «Standartinform», 2019.

7. Normy predelno dopustimoy kontsentratsii (PDK) nitratov i nitritov v kormakh dlya selskokhozyaystvennykh zhivotnykh i osnovnykh vidakh syrya dlya kombikormov (vzamen norm, utverzhdennykh Glavnym upravleniem veterinarii Minselkhoza SSSR 25.10.82 g. i 10.06.83 g. № 117-11).