

**ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ОЦЕНКА
ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**VIII Сибирские агрохимические
Прянишниковские чтения**

The Russian Academy of Sciences
Siberian Branch
Ministry of Agriculture
Northern Trans-Ural State Agricultural University
Novosibirsk State Agrarian University

**SOIL FERTILITY AND ASSESSMENT
PRODUCTIVITY OF AGRICULTURE**

**VIII Siberian Pryanishnikovskiy
Agrochemical reading**

*Materials
of the scientific production conference with
international participation
(Tyumen, July 16-20, 2018)*

Tyumen • 2018



**Дмитрий Николаевич
ПРЯНИШНИКОВ
(1865 - 1948)**

**Российская академия наук
Сибирское отделение
Министерство сельского хозяйства
Государственный аграрный университет
Северного Зауралья
Новосибирский государственный
аграрный университет**

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ
И ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**VIII Сибирские Прянишниковские
Агрохимические чтения**

*Материалы
научно-производственной конференции
с международным участием
(Тюмень, 16-20 июля 2018 г.)*

Тюмень • 2018

УДК 631.4:631.8

П 39

Рецензенты:

Л.И. Инишева, д.б.н., профессор, член-корреспондент РАН,
И.Д. Комиссаров, д.б.н., профессор, *Н.В. Семендяева*, д.с.-х.н., профессор

Под редакцией: *Г.П. Гамзикова*, академика РАН, д.б.н., профессора,
Н.В. Абрамова, д.с.-х.н., профессора, *А.С. Моторина*, д.с.-х.н., профессора

Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия. VIII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения: материалы международной науч.-практ. конф. (Тюмень, 18-20 июля 2018 г.). Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2018. 472 с.

ISBN - 978-5-9288-0349-0

В сборник включены научные доклады Прянишниковских чтений, посвященные перспективным проблемам дальнейшего развития научных исследований в области агрохимии, земледелия и мелиорации. Уделено внимание развитию новых агротехнологических направлений на основе использования спутниковых и навигационных систем. Показано, что космическая информация может успешно использоваться для качественной оценки земель, плодородия почв, гетерогенности полей, фитосанитарного состояния посевов и др.

В статьях рассмотрены вопросы по изучению агрохимических свойств сибирских почв, особенностям питания сельскохозяйственных растений и отзывчивости их на внесение минеральных и органических удобрений, биологических (сидераты, азотфиксация и др.) и местных агроресурсов (торф, сапропель и др.). Представлены результаты исследований по земледелию и мелиорации: природоподобные технологии, минимизация обработок, «точные» агротехнические приёмы в агрохимии, земледелии и мелиорации. Материалы конференции представляют научный и практический интерес для научных работников, преподавателей и студентов вузов, а также для агрохимиков, агрономов и мелиораторов сельскохозяйственного производства.

Soil fertility and agriculture productivity assessment. VIII Siberian Pryanishnikovskiy agrochemical reading: materials of the international scientific-practical. conf. (Tyumen, July 18-20, 2018). Tyumen: Page 472.

The collection includes scientific reports of the Pryanishnikov readings devoted to promising problems of the further development of scientific research in the field of agrochemistry, agriculture and land reclamation. Attention is paid to the development of new agrotechnological areas based on the use of satellite and navigation systems. It is shown that space information can be successfully used for the qualitative assessment of land, soil fertility, field heterogeneity, phytosanitary condition of crops, etc.

The articles addressed the study of the agrochemical properties of Siberian soils, the nutritional characteristics of agricultural plants and their responsiveness to the application of mineral and organic fertilizers, biological (green manure, nitrogen fixation, etc.) and local agroresources (peat, sapropel, etc.). The results of studies on agriculture and land reclamation are presented - nature-like technologies, minimization of treatments, "exact" agrotechnical techniques in agrochemistry, agriculture and land reclamation. The conference materials are of scientific and practical interest for researchers, teachers and students of universities, as well as for agrochemists, agronomists and land reclamation of agricultural production.

© ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2018
© Новосибирский аграрный университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Гамзиков Г.П. Академик Д.Н. Прянишников – основатель отечественной агрохимии. О Сибирских агрохимических Прянишниковских чтениях	9
---	---

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Сычѳв В.Г., Рухович О.В. Длительные опыты с удобрениями - научное наследие академика Д.Н. Прянишникова	26
Байбеков Р.Ф. Современные проблемы земледелия: природоподобные технологии – приоритетное направление развития сельскохозяйственной отрасли	36
Гамзиков Г.П. Условия и факторы сохранения плодородия почв и получения стабильных урожаев полевых культур в сибирском земледелии	47
Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Шерстобитов С.В. Агрохимия в эпоху точного земледелия	57
Будажапов Л.В. Д.Н. Прянишников и азотный статус почв: статистики и кинетика изменения азотного фонда почвы	68
Косолапов В.М., Трофимов Л.С., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Кормопроизводство в сельском хозяйстве и сохранении плодородия почв	78
Дубенок Н.Н. Мелиорация земель – основа продовольственной безопасности страны	84
Шевченко В.А. Повышение плодородия почв мелиорированных земель Нечернозѳмной зоны Российской Федерации	90
Моторин А.С. Научные основы мелиорации и использование осушаемых торфяных почв Западной Сибири	100
Березин Л.В., Шаяхаметов М.Р. Космическая информация – новый путь оценки плодородия почв и разработки рекомендаций по мелиорации и применению удобрений	113

Секция «АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ»

Ермохин Ю.И., Синдирѳва А.В. О взаимосвязях в питании растений и применении удобрений	118
Самофалова И.А., Чащин А.Н. Геостатический анализ агрохимических свойств почв	133
Лукин С.М. Влияние длительного применения удобрений на содержание активных компонентов органического вещества дерново-подзолистых почв	143
Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А. Роль систематического применения удобрений в сохранении плодородия лугово-чернозѳмной почвы	156

Галеева Л.П. Гумусовое состояние чернозёмов выщелоченных Новосибирского Приобья при применении удобрений ...	162
Билтуев А.С., Уланов А.К. Изменение содержания гумуса и азота в каштановой почве при длительном применении удобрений в аридных условиях	169
Колбин С.А. Самохвалова И.Н., Шарков И.Н. Влияние систематического внесения азотных удобрений на азотминерализующую способность чернозёма выщелоченного в лесостепи Приобья	177
Трубников Ю.Н., Шпедт А.А. Влияние удобрений на агрохимические свойства и производительную способность чернозёмов Приенисейской Сибири	182
Красницкий В.М., Шмидт А.Г. Состояние плодородия почв и продуктивность сельскохозяйственных культур в Омской области	190
Рузавин Ю.Н., Савченко Г.А., Чимитдоржиева И.Б. Изменения плодородия почв Бурятии	199
Широких П.С., Гамзиков Г.П. Гумус и азот гумусовых веществ в серых лесных почвах западносибирских агроценозов	206
Ефимова Г.И., Яско П.А. Динамика агрохимических свойств серой лесной оподзоленной почвы северной лесостепи Присалаирья	213
Игловиков А.В. Оптимизация питательного режима нарушенных тундровых почв Крайнего Севера	217
Синещеков В.Е., Ткаченко Г.И. Режим подвижного фосфора в почве при минимизации механической обработки в лесостепи Приобья	223
Воробьёв В.А., Гаврилова Г.В. Деградация калийного состояния хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы при длительном дефиците баланса калия в системе удобрений	230
Тихановский А.Н. Баланс азота удобрений, меченых ¹⁵ N, в системе удобрение–почва–растение на Крайнем Севере	235
Хамова О.Ф., Шулико Н.Н. Влияние биопрепаратов ассоциативной азотфиксации на биологическую активность почвы, ризосферу и урожайность яровой мягкой пшеницы	244
Волошин Е.И., Ивченко В.К., Келер В.В. Ресурсы растительных остатков сельскохозяйственных культур на удобрение в Красноярском крае.....	251
Титова В.И., Гордеев В.М. Эколого-агрохимическая характеристика темно-серой лесной почвы в зоне воздействия факельного горения природного газа	255
Мудрых Н.М., Ямалтдинова В.Р., Косолапова А.И., Хамурджу М. Отклик овса на органические и минеральные удобрения в условиях Пермского края	259

Петрук В.А. Влияние органических и минеральных удобрений на продуктивность естественных сенокосов и пастбищ степной зоны Новосибирской области	263
Гусева Н.К., Васильева Н.А., Чирипов А.В. Эффективность использования минеральных удобрений под облепиху в сухой степи Бурятии	269
Мудрых Н.М. Органические удобрения в Пермском крае: современная оценка потенциала и перспективы эффективного использования	276
Андриенко Л.Н. Влияние микроудобрений на содержание микроэлементов в лугово-черноземной почве	282
Куртова А.В., Грехова И.В. Влияние способов применения гуминового препарата Росток на микроэлементный состав клубней картофеля	290

Секция «ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ»

Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Проблемы и перспективы земледелия России	294
Котченко С.Г., Ерёмин Д.И., Груздева Н.Г. Дегумификация пашни, её причины и меры предотвращения в Тюменской области	302
Сорокин И.Б., Сиротина Е.А. Возможности положительного баланса почвенного органического вещества в агроценозах	306
Уланов А.К. Оценка многолетнего воздействия традиционных приёмов земледелия на гумусное состояние каштановой почвы Западного Забайкалья	314
Шеуджен А.Х., Гугорова О.А. Содержание гумуса в почвах рисовых полей Кубани	323
Сордонова М.Н. Влияние длительного применения различных систем обработки на некоторые показатели плодородия эродированной каштановой почвы	328
Иваненко А.С., Созонова А.Н. Сортовые особенности реакции сои на обработку семян штаммом 634в <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	334
Яковлева Е.П. Состояние агроландшафтов Омской области	339
Цыдыпов Б.Д., Билтуев А.С. Влияние сроков посева на урожайность овса в условиях сухой степи Забайкалья	349
Харалгина О.С. Продуктивность люцерны в северной лесостепи Тюменской области	355
Иваненко А.С., Хайруллина З.А., Нурмухамедова Г.М. Урожайность и показатели качества клубней среднеранних сортов картофеля в лесостепи Тюменской области	358

Секция «РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ В РЕШЕНИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

Устинов М.Т., Глистин М.В., Елизаров Н.В. Мелиорация Барабинской низменности – полигон по выработке мелиоративных мероприятий для оптимизации плодородия почв Западной Сибири	364
Бойко В.С., Тимохин А.Ю. Орошаемое кормопроизводство в агроландшафтах лесостепи Западной Сибири	370
Инишева Л.И., Маслов С.Г., Щукина К.Е., Денисенко Д.А. Химико-биологическая характеристика торфов верхового типа с целью оценки сырьевой базы	381
Семендяева Н.В., Ломова Т.Г. Итоги исследований по изучению генезиса, свойств и мелиорации солонцов юга Западной Сибири	394
Скипин Л.Н., Федоткин В.А. Результативность действия химической мелиорации солонцов в условиях Западной Сибири	406
Хусаинов А.Т., Хусаинов Р.К. Влияние доз внесения фосфогипса на процесс мелиорации в гидроморфном мелком солонце при коренном улучшении	414
Коробова Л.Н. Влияние фитомелиоративных севооборотов на микрофлору мелкого и среднего солонца Барабы	425
Добрянская С.Л. Трансформация свойств чернозёма выщелоченного Новосибирского Приобья при длительном орошении	431
Лящева Л.В. Технология выращивания овощей на осушаемых луговых почвах в лесостепи Северного Зауралья	437
Сартаков М.П., Шпынова Н.В., Чумак В.А., Ефанов М.В. Сравнительная характеристика химического состава гуминовых кислот сапропелей озер Среднего и Верхнего Приобья ...	446
Телицын В.Л., Новиков А.Ю. Необходимость природосовместимых технологий по результатам изучения озер и болот аккумулятивных равнин	453
Сивков Ю.В. Применение торфомелиоранта для рекультивации нефтезагрязненных почв	460

Г.П. ГАМЗИКОВ, академик РАН

*Новосибирский государственный аграрный университет
Почвенный институт им. В.В. Докучаева*

**АКАДЕМИК Д.Н. ПРЯНИШНИКОВ –
ОСНОВАТЕЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АГРОХИМИИ.
О СИБИРСКИХ АГРОХИМИЧЕСКИХ
ПРЯНИШНИКОВСКИХ ЧТЕНИЯХ**

Три года назад агрономическая общественность нашей страны, стран СНГ и многих других зарубежных государств торжественно отмечали 150-летие со дня рождения выдающегося учёного нашей страны, основоположника российской агрохимии, классика физиологии и биохимии растений, крупнейшего агронома и общественного деятеля, сибиряка академика Дмитрия Николаевича ПРЯНИШНИКОВА. Празднуя юбилей крупнейшего учёного-аграрника, мы ещё раз убедились, что его основополагающие научные достижения по биохимии и агрохимии, земледелию и растениеводству остаются востребованными и сегодня, его практические предложения по поддержанию плодородия почв, использованию минеральных удобрений, сидератов и азотфиксации успешно включаются в современные системы земледелия (адаптивно-ландшафтные, биологические, интенсивные, высокоинтенсивные, точные и др.).

Жизнь и творческая деятельность Д.Н. Прянишникова прошла в две эпохи – в дореволюционную и советскую [1-4]. Не вдаваясь в политические подробности жизненных ситуаций и принимая их как должное, Дмитрий Николаевич, всецело преданный науке, твёрдо придерживался одной позиции – служению Отечеству – России. Глубокие научные исследования, приложимость их результатов к практике отечественного сельского хозяйства и безграничное стремление передачи знаний молодому подрастающему поколению – вот три жизненных направления трудовой деятельности учёного, которые сопровождали Дмитрия Николаевича на протяжении всего многолетнего творческого пути.

Дмитрий Николаевич родился 7 ноября (25 октября по ст. ст.) 1865 г. в г. Кяхте в Бурятии (до 1851 г. входила в Иркутскую губернию). Его отец, Николай Семёнович, после окончания Московского коммерческого училища приехал в Кяхту и работал бухгалтером у купца I гильдии А.М. Лушников. Предки Дмитрия Николаевича со стороны отца были коренными сибиряками, проживали в Иркутске с середины XVII века. Родители матери были ссыльными переселенцами и стали сибиряками в первой половине XVIII столетия.

Кяхту Дмитрий Николаевич с теплотой вспоминал по юношеским впечатлениям, поскольку вместе с матерью и братом несколько раз приезжал на летние каникулы в родной город и недалеко расположенную станицу Большекударинскую, где проживали его дедушка и бабушка, родители матери.

После ранней смерти мужа, Александра Фёдоровна с малыми сыновьями переехала в Иркутск к свекрови. Здесь Дмитрий Николаевич учился в губернской мужской гимназии, которую окончил в 1883 г. с золотой медалью.

Дмитрий Николаевич очень трогательно относился к малой родине, особенно к Иркутску, где прошла его юность. С благодарностью он писал об этих годах: *«У меня не только от детства, проведённого в семье, но, что встречается ещё реже, от средней школы остались самые тёплые воспоминания»* [1, с. 61]. В письме к родным из Иркутска, в который он приезжал в июне 1931 г., Дмитрий Николаевич пишет: *«Сколько раз видел я во сне (в студенческие годы и позднее), будто я хожу по улицам Иркутска и отыскиваю знакомые места, сон этот упорно повторялся...»*, – и сентиментально восклицает: *«Ты ли предомною, Родина моя? Или сон мечтою оковал меня?»* [1, с. 235].

Д.Н. Прянишников рос под влиянием прогрессивных взглядов, характерных для Кяхты и Иркутска того времени, куда ссылали декабристов, поляков-интеллигентов и народовольцев. Особая атмосфера «сибирской демократии» оказала влияние на его характер, на всю его жизнь. Ему как сибиряку были присущи стойкость, напористость и бескомпромиссность при отстаивании справедливости и, одновременно, внимание, мягкость и доброжелательность к окружающим.

После переезда в Москву Д.Н. Прянишников обучался на физико-математическом факультете Московского университета, после завершения учёбы, получив степень кандидата естественных наук по специальности «химия», поступил в Петровскую земледельческую и лесную академию. Затем после её окончания (1889 г.) был оставлен по представлению К.А. Тимирязева для подготовки к научному званию. С 1895 по 1948 гг. работал профессором и зав. кафедрой одного и того же вуза – ТСХА (Московский СХИ – Петровская академия – Тимирязевская сельхозакадемия).

Прянишников Дмитрий Николаевич (1865-1948гг.) – выдающийся российский и советский учёный, основатель отечественной агрохимической науки в стране, физиолог, биохимик и агроном, академик АН СССР (1929 г.), академик ВАСХНИЛ (1935 г.), Герой Труда (1925 г.), Герой Социалистического Труда (1945 г.), лауреат премии им. Ленина (1926 г.) и Государственной (Сталинской) премии (1941 г.). Награждён 2-мя орденами Ленина (1940, 1945 гг.), 3-мя орденами Трудового Красного Знамени (1936, 1944, 1945 гг.) и орденом Отечественной войны I степени (1945 г.).

Д.Н. Прянишников – крупный общественный и государственный деятель нашей страны. С 1919 по 1948 гг. он активно участвовал в работе правительственных органов в качестве члена Госплана РСФСР и СССР, ВСНХ, Комитета химизации народного хозяйства, Наркомата земледелия и Министерства сельского хозяйства, Президиума ВАСХНИЛ. Принимая активное участие в составлении трёх предвоенных пятилетних планов развития народного хозяйства, Дмитрий Николаевич вложил много сил и труда в становление химической промышленности по производству минеральных удобрений в стране и применению их в сельскохозяйственном производстве. Он был главным экспертом и консультантом по размещению азототуковых заводов на территории страны как для производства азотных удобрений, так и для оборонной промышленности, освоению месторождений апатитов, фосфоритов и калийных минералов, а также по строительству комбинатов, производящих фосфорные и калийные удобрения. Одновременно под его руководством проводились опыты по созданию, агрохимиче-

ской оценке, технологии применения под сельскохозяйственные культуры и определению эффективности новых видов удобрений, а также созданию новых видов промышленных удобрений [1-3].

Прянишников Д.Н. – талантливый организатор науки. Он руководил учебными и научными учреждениями: был зам. директора Московского сельхозинститута (1907-1913 гг.), затем его директором (1916-1917 гг.), директором Голицинских сельскохозяйственных женских курсов (1908-1917 гг.), зав. агрохимическим отделом Научного института по удобрениям (1919-1929 гг.), зав. лабораторией минеральных удобрений Всесоюзного института удобрений, агротехники и агропочвоведения (1931-1948 гг.), зав. кафедрой частного земледелия (1895-1928 гг.), затем зав. кафедрой агрохимии и биологической химии (1928-1948 гг.) в Московской сельскохозяйственной академии, а также зав. кафедрой агрохимии в Московском госуниверситете. Во многом благодаря его усилиям в 20-30-е годы в стране была создана сеть научно-исследовательских опытных станций (Долгопрудная агрохимическая, Соликамская, Люберецкое опытное поле и др.) и институтов (Научный институт удобрений, НИИ удобрений и фунгицидов, ВИУА, опытные станции и институты агрохимии в союзных республиках). Учёный инициировал расширение опытной работы по удобрениям и создание агрохимических лабораторий в Сибири.

В 1926 г. под его руководством впервые была организована широкая Географическая сеть полевых опытов по определению потребности и эффективности применения удобрений под культуры. Результаты этих опытов, проведённых во всех почвенно-климатических зонах СССР (более 300 пунктов), стали основой планирования производства и применения минеральных удобрений. Химические заводы, построенные для нужд земледелия в мирное время, сыграли большую роль для обороны страны в годы Великой Отечественной войны 1941-1945 гг.

Академик Д.Н. Прянишников – выдающийся в мировом масштабе учёный в области агрономии, агрохимии, физиологии и биохимии растений. Он впервые установил закономерности процессов усвоения азота растениями, оценил роль соединений элемента, направленность их превращения и условия, при кото-

рых происходит формирование урожая. Теоретические открытия особенностей усвоения растениями аммония и нитратов нашли практическое применение [6]. Обширные исследования под руководством Дмитрия Николаевича были проведены по российским месторождениям фосфатов и калия. В результате были предложены новые формы простых и сложных удобрений и дана их агрономическая оценка, что послужило стимулом к созданию отечественной туковой промышленности и разработке планов химизации земледелия страны. Д.Н. Прянишников определил главную задачу агрономической химии как *«изучение круговорота элементов в земледелии и выявление тех мер воздействия на химические процессы, протекающие в растении, которые могут повышать урожай или изменять его состав»* [7, с. 11.]. Именно так Дмитрий Николаевич рассматривал применение минеральных и органических удобрений, а также возделывание бобовых и сидеральных культур, использование торфа, биологических отходов и других источников элементов минерального питания. Научное наследство Д.Н. Прянишникова огромно и не потеряло своего значения в настоящее время, им было опубликовано свыше 550 статей, монографий и учебников.

Профессор Д.Н. Прянишников – талантливый педагог, более 55 лет он преподавал в МГУ им. М.В. Ломоносова, на Голицинских курсах, в Московской сельхозакадемии им. К.А. Тимирязева. Им подготовлено около 50 докторов и десятки кандидатов наук, многие из его учеников стали профессорами и академиками. По его учебникам «Учение об удобрении» [7], «Агрохимия» [8], «Частное земледелие» [9], «Введение в агрономию» [10] учились не только отечественные студенты. Все эти учебники были переизданы по несколько раз, первые три из них были переведены и использовались в учебном процессе во всех биологических и сельскохозяйственных вузах союзных республик, в странах социализма, а также в Югославии, Франции, Германии и Китае.

Работы академика Д.Н. Прянишникова широко известны за границей и были высоко оценены современниками. Он был избран Почётным членом Шведской (1913 г.) и Чехословацкой (1927 г.) земледельческих академий, членом Учёного совета

Международного Института земледелия в Риме (1927 г.), Почётным членом Германской академии естествоиспытателей в Галле (1927 г.), Почётным членом Немецкого ботанического общества и Германского общества прикладной ботаники (1933 г.), Почётным членом Голландского ботанического общества (1935 г.), членом-корреспондентом Французской академии наук (1946 г.), а также членом Американского общества физиологов и редакционной коллегии журнала «Soil Science».

Наш земляк академик Д.Н. Прянишников на протяжении всей научно-педагогической деятельности внимательно следил за состоянием сельского хозяйства в дореволюционный период, во время восстановления после разрухи гражданской войны, в годы коллективизации и в тяжёлые военные годы, оказывая посильную помощь земледелию страны. При работе в Госплане, Наркомате и Министерстве сельского хозяйства, участвуя в формировании годовых и пятилетних планов развития народного хозяйства, составлении практических рекомендаций и в лекционной пропаганде, он, используя свой багаж знаний, давал деловые предложения по поддержке и развитию села [6, 11].

Дмитрий Николаевич никогда не забывал о Сибири. Учитывая своеобразие природных условий региона, он не раз в статьях, учебниках и книгах рекомендовал лучшие севообороты и агротехнику выращивания, новые культуры и сорта, виды органических и минеральных удобрений. Например, в статье «Ближайшие пути разрешения азотного вопроса для Восточной Сибири» [12] он предвидел, что с освоением Черемховского угольного бассейна и развитием Ангарстроя значительно возрастет население, а, соответственно, и потребность в местных продуктах питания. *«Восточная Сибирь должна иметь свой хлеб, и она может его иметь»*, – уверяет он и обосновывает решение этой проблемы: *«...Необходимо повышать урожаи ..., а это ставит на очередь вопрос об удобрениях и, прежде всего, – об азоте»*. И тут же подтверждает этот тезис экспериментальными данными Иркутской опытной станции, из которых *«видно, что азотистым удобрениям принадлежит наибольшая роль в деле поднятия урожаев в Восточной Сибири»* [12, с. 888]. Придавая большое значение производству и использованию промышленных удобрений в сибирском земледелии, Д.Н. Прянишников

обращал внимание на широкие возможности решения проблемы питания растений с помощью органических удобрений – навоза, торфа, сидератов, бобовых культур и др.

За прошедшее столетие, руководствуясь системным подходом методологии агрохимических исследований, разработанным академиком Д.Н. Прянишниковым, сибирские учёные, начав в своё время с нуля, провели большую исследовательскую работу по агрохимии почв, растений и удобрений. Сибиряки гордятся своим великим земляком, его научными и организаторскими способностями, высокими моральными устоями и гражданскими позициями. Жизненный путь академика Д.Н. Прянишникова служит ярким примером для молодого поколения современной России.

О СИБИРСКИХ ПРЯНИШНИКОВСКИХ АГРОХИМИЧЕСКИХ ЧТЕНИЯХ

Учёные аграрники гордятся своим земляком академиком Д.Н. Прянишниковым, отдавшим много сил и внимания развитию сибирского растениеводства, земледелия и агрохимии. В монографиях, учебниках и статьях Дмитрий Николаевич постоянно уделял внимание развитию сельского хозяйства Зауралья, Западной и Восточной Сибири. Учитывая своеобразие почвенно-климатических условий, он анализировал состояние и уровень сельскохозяйственного развития восточных регионов, рекомендовал наиболее эффективные пути поднятия земледелия, куда включались приёмы химизации, применения минеральных и органических удобрений, освоения сидеральных культур (донник, клевер), запасов торфа и азотфиксации микроорганизмами.

Общеизвестно, что академик Д.Н. Прянишников в течение более полувека формировал основные направления развития агрономической химии в стране и пестовал ведущие кадры этой науки, но следует особо подчеркнуть его роль в создании сибирской агрохимической школы. Многие из его учеников после окончания аспирантуры или стажировки на кафедрах и в лабораториях, руководимых им, а также слушатели его лекций в МГУ и ТСХА работали в Сибири. Это профессора Г.Г. Пет-

ров, Е.В. Бобко, А.З. Ламбин и А.Е. Возбуцкая (Омск), Н.В. Орловский, Д.В. Дружинин и П.С. Бугаков (Красноярск), академики И.И. Синягин и А.Н. Каштанов, профессор В.Б. Ильин. Нынешнее поколение агрохимиков и агрономов с полной уверенностью могут себя считать внучатыми учениками Дмитрия Николаевича, поскольку продолжают учиться у его учеников и последователей по его учебникам и научным трудам.

Учитывая огромные заслуги академика Д.Н. Прянишникова перед агрохимической наукой, его последователи во главе с академиком Гамзиковым Г.П. сочли необходимым периодически собираться вместе, обмениваться своими достижениями и перспективными направлениями в области фундаментальных и прикладных исследований. Следует признать, что Сибирские Прянишниковские чтения прижились и стали традиционными – за 22 года проведено 8 тематических научно-практических конференций. Прянишниковские чтения, посвящённые памяти сибирского учёного, проводятся разных сибирских городах по актуальным направлениям развития агрохимической науки. Этих чтений ждут, в них активно принимают участие агрохимики всех поколений, они сплачивают учёных, наблюдается преемственность поколений. Представляем краткий обзор проведённых в Сибири Прянишниковских агрохимических чтений.

Первые чтения были проведены в 1994 г. в Барнауле при Алтайском НИИ земледелия и селекции сельскохозяйственных культур и посвящались подведению «Итогов исследований по калийному режиму почв и эффективности применения калийных удобрений в Сибири». В этих чтениях участвовали сотрудники Алтайского, Новосибирского и Красноярского ГАУ, ИПА СО РАН и СибНИИЗХим СО РАСХН (Новосибирск), Водных проблем СО РАН и НИИСХ садоводства (Барнаул), СибНИИСХ (Омск), Алтайский, Новосибирский и Омский агрохимические центры, а также представитель Международного Института Калия (Швейцария). В работе первых Прянишниковских чтений приняли участие академики Россельхозакадемии Г.П. Гамзиков и Ш.А. Мкртчян, доктора наук, профессора Л.М. Бурлакова, О.И. Гамзикова, П.И. Крупкин, И.Ф. Храмцов, В.Г. Холмов, В.В. Прокошев (представитель Международного института калия, Москва) и 11 кандидатов наук. Было заслуша-

но 5 докладов и проведено обсуждение проблемы калия в сибирском земледелии. Единодушным решением участников чтений было признание необходимости уделить большее внимание исследованиям калийной проблемы в сибирском земледелии.

Следующие Прянишниковские чтения в рамках научно-практической конференции «Д.Н. Прянишников и развитие агрохимии в Сибири» были проведены в г. Улан-Удэ (31.07-02.08. 2002 г.) на базе Бурятского НИИСХ. В работе конференции приняли участие 47 научных работников и преподавателей вузов в основном из Улан-Удэ, а также из 7 сибирских городов (Новосибирск, Барнаул, Омск, Томск, Иркутск, Абакан, Якутск). В течение двух дней на заседаниях заслушано 17 докладов учёных по основным достижениям сибирской агрохимии. Заглавный доклад «Д.Н. Прянишников и развитие агрохимии в Сибири» сделал академик Гамзиков Г.П. 1 августа участники чтений в соответствии с программой выехали в г. Кяхту, где родился Д.Н. Прянишников. Здесь с участием общественности города и Республики Бурятия состоялось крупнейшее событие в агрохимической жизни страны – открытие памятника Д.Н. Прянишникову на центральной площади г. Кяхты.

Подробный обзор докладов конференции опубликован в журнале «Агрохимия» [13], а доклады – в сборнике трудов [14].

Очередные III Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения были проведены 12-16 июля 2005 г. на базе старейшего научного учреждения Сибирского НИИ сельского хозяйства (г. Омск). Международная научно-производственная конференция «Биологические источники элементов минерального питания растений» была посвящена 140-летию академика Д.Н. Прянишникова. Цель этих чтений подвести итоги по изучению биологических источников минерального питания растений и сохранению плодородия почв и привлечь внимание производителей к более широкому использованию послеуборочных остатков и соломы, сидератов, азотфиксирующих бактерий и др. биологически удобрительных веществ. В работе приняли участие агрохимики НИИ, вузов и агрохимслужбы из всех субъектов СФО, Москвы и стран ближнего зарубежья – Монголии и Казахстана. На конференцию было заявлено 35 докладов и сообщений, 27 из них было заслушано. Состав доклад-

чиков был весьма представительным – 4 члена Россельхозакадемии, 8 докторов и профессоров и 16 кандидатов наук, 3 производственника. В работе конференции принимали участие и работники сельского хозяйства. Доклады участников чтений были весьма содержательными, а их обсуждение на заседаниях и в процессе полевых научных и производственных экскурсий высоко активными [15].

Тексты всех докладов по проблеме биологических источников элементов минерального питания для растений и поддержания плодородия почв опубликованы в сборнике научных трудов [16].

В г. Иркутске на базе Иркутского НИИ сельского хозяйства 16-21 июля 2007 г. были проведены IV Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения. Тема научно-практической конференции: «Агрохимические свойства и приёмы их регулирования». Участники Прянишниковских чтений (57 докладчиков, 66 участников) съехались из 14 городов, приняли активное участие в дискуссии, в полевых и туристической экскурсиях. Среди гостей конференции было 8 членов Россельхозакадемии, 22 доктора и профессора, около 30 кандидатов наук. В работе конференции участвовали учёные из Монголии и Казахстана. В процессе работы конференции были затронуты практически все аспекты исследований агрохимических свойств сибирских почв, рассмотрены общие закономерности распределения и качественного состава органического вещества почв, соединений азота, фосфора, калия и микроэлементов в почвах, определены особенности режимов подвижных соединений минерального питания. Существенное внимание в докладах уделено приёмам регулирования свойств пахотных почв с помощью агротехнических и агрохимических приёмов. В процессе обсуждения докладов было много вопросов и выступлений. С большим интересом учёные осмотрели полевые опыты на экспериментальных полях Иркутского НИИСХ, познакомились с красотами Байкала. По материалам Прянишниковских чтений издан сборник научных трудов [17].

V Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения были проведены в г. Новосибирске 12-16 июля 2010 г. и посвящались 145-летию со дня рождения Д.Н. Прянишникова. Кон-

ференция проводилась в Краснообске на базе Президиума Сибирского отделения Россельхозакадемии. Тема чтений «Длительное применение удобрений. Агрохимические, агрономические и экологические аспекты» была освещена в докладах 4 академиков и 2-х член-корреспондентов Россельхозакадемии, 15-ти докторов и 23-х кандидатов наук. В процессе обсуждения доложенных материалов исследований была выявлена высокая значимость длительных стационарных опытов с удобрениями, подчёркнута уникальность полученных данных, свидетельствующих о длительном (3-4 года) и значительном последствии внесённых туков (до 50% от суммарной прибавки) и, соответственно, о высокой оплате урожаем 1 кг д.в. – 10-14 кг зерна, а также о гарантированном сохранении плодородия почв [18]. В Решение конференции включены предложения о необходимости сохранения длительных стационарных опытов, обеспечении их материально-технической базы и придании им статуса национального достояния страны.

Участники чтений при посещении опытных полей ознакомились с длительными опытами в СибНИИ кормов и СибНИИ земледелия и химизации, а также с эффективными приёмами освоения научных разработок в производство в учхозе Новосибирского ГАУ «Тулинское». Материалы Прянишниковских чтений изданы в виде научного сборника в 2011 году [19].

Следующие VI Сибирские Прянишниковские чтения были проведены 16-19 июля 2013 г. в Новосибирске на тему: «История и перспективы развития агрохимии в Сибири. Научно-педагогические школы». На заседаниях в течение 2-х дней было заслушано 15 докладов об исторических аспектах развития агрохимических исследований в сибирских регионах. В работе конференции участвовало 4 члена Россельхозакадемии, 16 докторов и профессоров, более 30 кандидатов наук, научных сотрудников СибНИИЗиХ, СибНИИ кормов, ИПА СО РАН и преподавателей НГАУ, а также из сибирских городов Омск (СибНИИСХ, Омские ГАУ и ЦАС), Барнаул (АНИИСХ и Алтайский ГАУ), Красноярск (Красноярский ГАУ и КрНИИСХ), Улан-Удэ (БурНИИСХ и Бур. ГСХА), Иркутск (ИрНИИСХ), Тюмень (ГАУСЗ) и др. В решении, принятом участниками конференции, отмечена большая историческая роль учёных-

предшественников в становлении и развитии исследовательской работы по агрохимической характеристике сибирских почв, оптимизации питания растений и эффективному применению удобрений, а также предложены основные направления исследований на ближайшую перспективу. Особая роль в продолжении учения Д.Н. Прянишникова принадлежит сибирякам – его прямым ученикам (Г.Г. Петров, Е.В. Бобко, А.З. Ламбин, А.Е. Возбуждая, Н.В. Орловский, Д.В. Дружинин, И.И. Синягин), а также его современникам (К.П. Горшенин, Н.Д. Градобоев, Т.П. Славина, А.Н. Угаров, А.Е. Кочергин, Р.В. Ковалёв и др.).

В связи со 150-летием со дня рождения академика РАН и ВАСХНИЛ Д.Н. Прянишникова в г. Кяхта, на родине учёного, 27-31.07.2015 г. были проведены VII Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения в рамках Международной научно-производственной конференции «Сохранение и развитие агрохимического наследия академика Д.Н. Прянишникова».

В работе конференции участвовали представители науки и сельскохозяйственного производства из Москвы, Санкт-Петербурга, Краснодар, Нижнего Новгорода, Перми и сибирских городов, а также из Казахстана (Астана, Шортанды), Монголии (Улан-Батор, Дархан) и Украины (Киев). На Прянишниковских чтениях присутствовали члены правительства Республики Бурятия, депутаты Народного Хурала, главы административных районов РБ, члены Российской академии наук. В работе научной конференции приняли участие ведущие учёные в области агрохимии, почвоведения, микробиологии, земледелия. Конференцию представляли 7 членов РАН, 22 доктора наук и профессора, 19 кандидатов наук

В день открытия Прянишниковских чтений на центральной площади Кяхты у памятника академику Д.Н. Прянишникову состоялся многолюдный митинг участников конференции, жителей г. Кяхты, Кяхтинского сельского района и приезжих гостей. Открывая торжественный митинг, посвящённый памяти великого земляка, министр сельского хозяйства Республики Бурятия Д.-Ж. Ш. Чирипов отметил большую значимость академика Д.Н. Прянишникова в развитии сельского хозяйства страны в предвоенные и военные годы, в создании туковой промышленности в СССР и развитии агрохимической науки.

«Народы земли бурятской гордятся своим выдающимся земляком и берегут светлую память о нём», – сказал в заключение министр. С кратким словом об основных этапах жизненного и творческого пути и его огромных научных, педагогических и государственных достижениях выступил академик РАН Г.П. Гамзиков. На митинге выступали учёные, общественные деятели, представители администрации района и города.

Дань глубокого уважения к своему земляку проявили присутствующие на митинге, возложив цветы к памятнику Д.Н. Прянишникова. В сквере, где расположен памятник, сотрудниками Бурятского НИИСХ высажено 150 саженцев сибирской яблони.

На пленарном и последующих заседаниях в докладах, посвящённых наследию Д.Н. Прянишникова и результатам исследований, полученных участниками чтений, было заслушано 19 докладов и 24 стендовых сообщения. В большинстве выступлений освещалась историческая роль основателя агрохимии в современном развитии того или иного направления агрохимических и агрономических наук [20]. Следуя заветам патриарха отечественной агрохимии, учёные-агрохимики провели глубокие фундаментальные исследования в системе почва-растение-удобрение и предложили эффективные практические разработки для сохранения плодородия почв, оптимизации питания растений и рационального применения удобрений с учётом специфических природных условий Сибири.

Участники чтений познакомились с примечательностями г. Кяхты, побывали в мемориальных местах (дом, где родился Д.Н., церковь, где он был крещён и др.) связанных с памятью о Дмитрии Николаевиче, а также в знаменитом Кяхтинском краеведческом музее им. В.А. Обручева, в котором имеется замечательная экспозиция с личными вещами и книгами Д.Н. Прянишникова. По материалам двух Прянишниковских чтений (VI и VII) изданы 2 тома научных трудов [21-22].

16-20 июля 2018 г. в г. Тюмени в Государственном аграрном университете Северного Зауралья прошли очередные VIII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения. Тематика конференции была обширной и охватила три проблемы современного сибирского земледелия: агрохимические аспекты плодородия почв и применения удобрений, проблемы и пер-

спективы развития земледелия и значение мелиорации в решении продовольственной безопасности.

В работе VIII Сибирских агрохимических Прянишниковских чтений приняли активное участие члены Российской академии наук, научные сотрудники НИИ Министерства образования и науки, преподаватели вузов МСХ. География участников обширная – были представители российских городов (Москва, Нижний Новгород, Пермь, Екатеринбург, Челябинск, все сибирские). Выступили с докладами также учёные из Казахстана, Турции, Украины и Казахстана. На пленарном и секционных заседаниях было заслушано 56 докладов. Состоялся круглый стол учёных и производителей по проблемам перспективного развития земледелия Тюменской области.

Ученые-исследователи в докладах и сообщениях на пленарных и секционных заседаниях представили результаты фундаментальных и прикладных исследований в области агрохимии, земледелия и мелиорации за последнее десятилетие. Материалы исследований представляют большое теоретическое значение для успешного развития как этих научных направлений, так и для освоения в производство практических предложений. В докладах Прянишниковских чтений изложены эффективные направления по повышению продуктивности растениеводства и сохранения плодородия почв с помощью минеральных, органических и сидеральных удобрений, растительных остатков и бактериальных препаратов, а также местных агроруд. Предложены инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур с использованием космических систем. Раскрыты пути биологизации земледелия, привлечения природных агро-ресурсов. Дана оценка уровня химизации в целом по России и по регионам. Высказано мнение о качестве подготовки специалистов аграрного профиля и направлениях повышения квалификации специалистов для практической работы (агрономов, агрохимиков, мелиораторов).

Вместе с этим отмечено, что в сибирском земледелии (субъекты Сибирского и Уральского федеральных округов) в связи с дефицитным балансом элементов питания наблюдается существенное снижение плодородия почв, критический недостаток питательных веществ для растений при формировании

урожая в настоящее время является основным фактором низкой продуктивности сельскохозяйственных культур и, следовательно, главной причиной, сдерживающей выполнение программы продовольственной безопасности и импорт замещения. Недостаточное применение органических и минеральных удобрений, слабое освоение местных биологических и природных агроруд не способствует снижению дефицита элементов минерального питания и повышению продуктивности агроценозов.

Для реализации перспективных программ по применению промышленных удобрений в сибирском земледелии, предложенных учёными, необходимы государственная финансовая поддержка и активная деловая позиция товаропроизводителей и руководства отраслевых департаментов субъектов региона. Параллельно с активным применением минеральных туков для улучшения плодородия почв и повышения урожайности культур целесообразно увеличить использование промышленных удобрений и местных биологических (солома, сидераты, азотфиксация) и агрорудных (торф, торфовиваниты, известь, гипс) источников.

Большой интерес вызвали выступления руководителей и практических работников агропромышленного комплекса Тюменской области, изложивших как результаты внедрения разработок учёных, так и насущные проблемы для производителей, требующие научного решения в ближайшее время.

Все участники совещания ознакомились с замечательной учебной и экспериментальной базой Агротехнологического института ГАУ Северного Зауралья, побывали в одном из лучших производственных хозяйств Тюменской области – Агрофирме «КРиММ», познакомились с достопримечательностями г. Тобольска – родиной ещё одного крупнейшего российского учёного Д.И. Менделеева. Примечательно, что Д.Н. Менделеев в начале своей научной карьеры занимался агрохимией и впервые ставил полевые опыты с удобрениями по единой схеме в разных географических точках Европейской части России, тем самым положив начало географическому подходу к исследованиям эффективности туков.

Настоящий сборник включает доклады участников VIII агрохимических Прянишниковских чтений. Представленные

материалы послужат основой для дальнейшего успешного развития наук по земледелию, агрохимии и мелиорации и привнесут реальный вклад в выполнение производственных задач по сохранению плодородия почв, повышению производства качественной растениеводческой продукции и успешному решению вопросов продовольственной безопасности в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прянишников Д.Н. Мои воспоминания. М.: Сельхозиздат, 1957. 336 с.
2. Максимов Н.А. Жизненный путь и научная деятельность академика Д.Н. Прянишникова / Д.Н. Прянишников. Избр. сочинения. Т. I. М.: Изд-во АН СССР 1951. 7-19 с.
3. Петербургский А.В. Дмитрий Николаевич Прянишников. М.: ТСХА, 1960. 124 с.
4. Д.Н. Прянишников. Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1972. 271 с.
5. Гамзиков Г.П. Д.Н. Прянишников в Сибири, о Сибири и для Сибири // Сохранение и развитие агрохимического наследия академика Д.Н. Прянишникова в Сибири. VII Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения, посвящённые 150-летию со дня рождения Д.Н. Прянишникова: матер. Межд. науч.-практ. конф. (Кяхта, 27-31 июля 2015 г. Ч. I. Новосибирск, 2015. 367 с.
6. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М.-Л.: АН СССР, 1945. 200 с.
7. Прянишников Д.Н. Учение об удобрении. М.: Типография Рихтера, 1900. 185 с.
8. Прянишников Д.Н. Агрохимия. М.: Сельхозгиз, 1934. 399 с.
9. Прянишников Д.Н., Якушкин И.В. Растения полевой культуры (Частное земледелие). 10 изд. М.: Сельхозгиз, 1938. 760 с.
10. Прянишников Д.Н. Лекции по курсу «Введение в агрономию» // Избранные сочинения. Т. IV. М.: АН СССР, 1955. С. 279-495.
11. Прянишников Д.Н. Химизация земледелия в Западной Сибири. Л.: АН СССР, 1932. 17 с.
12. Прянишников Д.Н. Ближайшие пути разрешения азотного вопроса для Восточной Сибири // Удобрения и урожай. №10. 1931. С. 887-892.
13. Гамзиков Г.П. Научно-практическая конференция «Д.Н. Прянишников и развитие агрохимии в Сибири» (30 июля -2 августа 2002 г., Улан-Удэ) // Агрохимия. 2003. №1. С. 91-94.
14. Д.Н. Прянишников и развитие агрохимии в Сибири: Материалы науч. конф. по агрохимии (Улан-Удэ, 30 июля-2 августа 2002 г.). Новосибирск, 2003. 260 с.
15. Гамзиков Г.П. III Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения // Агрохимия. № 9. 2006. С. 93-96.

16. Биологические источники элементов минерального питания растений. III Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения: Материалы междунар. науч. конф. (Омск, 12-16 июля 2005 г.) / РАСХН. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2006. 272 с.
17. Агрохимические свойства сибирских почв и приёмы их регулирования. IV Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения: материалы междунар. научно-практ. конф. (Иркутск, 16-21 июля 2007 г.) / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние; под ред. акад. Г.П. Гамзикова. Новосибирск, 2009. 412 с.
18. V Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения // Агрохимия. 2011. № 2. С. 90-93.
19. Длительное применение удобрений // Агрохимические, агрономические и экологические аспекты. V Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения, посвящённые 145-летию со дня рождения Д.Н. Прянишникова: материалы междунар. научно-практ. конф. (Новосибирск, 12-16 июля 2010 г.) / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние, под ред. акад. РАН Г.П. Гамзикова. Новосибирск, 2011. 342 с.
20. VII Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения. Международная научно-практическая конференция «Сохранение и развитие агрохимического наследия академика Д.Н. Прянишникова в Сибири» (27-31 июля 2015 г., г. Кяхта) // Агрохимия. 2015. № 12. С. 20-27.
21. Сохранение и развитие агрохимического наследия академика Д.Н. Прянишникова в Сибири. VII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения, посвящённые 150-летию со дня рождения Д.Н. Прянишникова: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Кяхта. Республика Бурятия, 27-31 июля 2015 г.). В 2 ч. Ч. I. / ФАНО. Сиб. отд-ние аграрной науки; под ред. акад. РАН Г.П. Гамзикова. Новосибирск, 2015. 367 с.
22. Сохранение и развитие агрохимического наследия академика Д.Н. Прянишникова в Сибири. VII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения, посвящённые 150-летию со дня рождения Д.Н. Прянишникова: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Кяхта. Республика Бурятия, 27-31 июля 2015 г.). В 2 ч. Ч. II. / ФАНО. Сиб. отд-ние аграрной науки; под ред. акад. РАН Г.П. Гамзикова. Новосибирск, 2015. 371 с.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 631.82

**В.Г. СЫЧЁВ, академик РАН,
О.В. РУХОВИЧ, д-р с.-х. наук**
ФГБНУ ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Москва

ДЛИТЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ С УДОБРЕНИЯМИ – НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ АКАДЕМИКА Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА

Одной из важнейших составляющих научной деятельности является опыт, эксперимент. Полевому опыту как методу исследования в сельскохозяйственной науке насчитывается уже более 175 лет. Наибольшая отдача от полученных экспериментальных данных в опытах получается в случае, если программы исследований ведутся по единой схеме и методике, и при этом обеспечивается унификация аналитических методик исследования почв и растений. Д.Н. Прянишниковым разработаны принципы организации подобной единой экспериментальной базы по изучению удобрений для всей территории страны – системы, в настоящее время не имеющей мировых аналогов по своей структуре и охвату.

Начиная с 30-х гг., по инициативе Д.Н. Прянишникова и А.Н. Лебеядцева были сформулированы методические предпосылки создания Географической сети опытов – единой экспериментальной базы по изучению минеральных удобрений, а в 1941 г. Геосеть была основана официально как единая система полевых исследований по унифицированной программе и методологии с задачей широкого зонального охвата почвенно-климатических условий страны. Наркомзем поставил задачу создания сети стационаров по согласованной программе и под единым методическим руководством ВИУАА для обоснования размещения удобрений, районирования их доз под важнейшие культуры, установления сроков и способов внесения, испытания различных новых форм и видов удобрений.

К моменту создания число станций, в которых проводились опыты Геосети, составляло 40. Наибольшего развития система полевого экспериментирования Геосети получила в 80-х гг. XX в., когда в программе совместных исследований Геосети принимали участие более 320 научных учреждений, включая 159 – России, 54 – Украины, 28 – Казахстана, 12 – Беларуси. Большое значение с 80-х гг. XX в. имели результаты длительных опытов по комплексному использованию удобрений и средств химической защиты растений, которые показали, что такой прием позволял устойчиво получать в Нечерноземной зоне урожаи зерновых на уровне 50-60 ц/га и даже до 100 ц/га. Полученные результаты послужили основой для разработки оптимальных способов применения удобрений и мелиорантов совместно со средствами химической защиты растений в интенсивных технологиях.

Сегодня в рамках Геосети проводится более 165 полевых многолетних опытов с удобрениями, среди которых 15 – длительностью более 70 лет, а более половины из них перешагнули 35-летний рубеж. Принципы единых схем краткосрочных полевых опытов и программ исследований были использованы в системе агрохимической службы, начиная с середины 60-х гг. XX в., 149 из них (соответствующие требованиям методики опытного дела и имеющие паспорта опыта) получили аттестаты и включены в «Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями Российской Федерации».

Д.Н. Прянишников указывал, что при недостатке удобрений нельзя их распределять по принципу охвата наибольшей площади, а надо применять выборочно в таких дозах, чтобы получить наивысшую оплату единицы удобрения. Длительный опыт дает практический ответ, возможно ли добиться с помощью тестируемой системы удобрений получения высоких и стабильных урожаев, каковы факторы управления окупаемостью удобрений, последствие удобрений и известкования, как можно снизить влияние погодных условий в управлении урожаем, сохранить и увеличить почвенное плодородие, повысить качество продукции.

В длительном опыте ЦОС ВНИИ агрохимии, проводимом в Московской области на дерново-подзолистой почве, в кото-

ром изучается действие комплексного применения средств химизации на продуктивность сельскохозяйственных культур, качество и безопасность продукции растениеводства, плодородие почвы, фитосанитарное состояние посевов и экологические аспекты, проведено 8 ротаций севооборота и экспериментально показана возможность последовательного увеличения урожайности озимой пшеницы с 3,5 до 6,5 т/га при применении удобрений совместно со средствами защиты растений, с достижением 8-9 т/га в благоприятные годы. За этот период был обеспечен и последовательный рост окупаемости минеральных удобрений с 8 до 18 кг / 1 кг питательных веществ удобрений. Рост урожайности и окупаемости удобрений происходил на фоне существенного улучшения потенциального плодородия почвы, ее основных агрохимических показателей. Содержание подвижного фосфора возросло за 50 лет в 10 раз от очень низкого до высокого, калия – вдвое от среднего до высокого при стабилизации содержания гумуса на уровне выше 2%.

В длительном опыте Брянской ГСХА на серой лесной почве за 27 лет проведено 5 ротаций севооборота и показана возможность увеличения продуктивности севооборота с 3,7 до 9 т/га при достижении окупаемости 9 кг / 1 кг питательных веществ минеральных удобрений на фоне оптимальной дозы органических удобрений.

В Донском зональном НИИСХ в длительном опыте на черноземе обыкновенном за 5 ротаций севооборота показана возможность достижения последовательного роста продуктивности до 6,3 т/га при последовательном росте окупаемости с 13 до 21 кг зерна на 1 кг действующего вещества удобрений. Содержание подвижного фосфора возросло за 40 лет в 3 раза, калия – почти вдвое при предотвращении потерь гумуса.

Д.Н. Прянишников неоднократно обращался к проблеме сдвига земледелия в северные районы страны, чтобы обеспечить продовольственный минимум поднятием урожаев в области достаточного увлажнения, чего можно достигнуть только при применении удобрений. «...Мы зашли слишком далеко в область полупустыни с чисто зерновым хозяйством в погоне за дешевой безнавозной культурой. Невозможно допускать, чтобы продовольствие страны зависело от капризов погоды в области,

где... периодически повторяются засухи в размерах непреодолимых. Необходимо обеспечить продовольственный минимум для страны поднятием урожаев в области достаточного увлажнения, а в этой области поднятие урожаев возможно только при применении удобрения», – писал Д.Н. Прянишников в 1924 г.

Обобщение длительных полевых опытов, проводимых в Нечерноземной зоне, показало, что в зависимости от степени окультуренности почвы повышение урожаев от внесения удобрений в благоприятные годы для зерновых культур составляет 20-50%, возрастая в неблагоприятные до 3-6 раз, а для картофеля – до 2,5-3 раз.

Первые предложения по структуре баланса NPK и наиболее подробные расчеты баланса питательных веществ в земледелии России были сделаны Д.Н. Прянишниковым в 1937 году. Он поставил вопрос о формировании такой структуры баланса основных элементов минерального питания в земледелии страны, чтобы возмещать вынос фосфора с превышением на 100% и более, а вынос азота и калия – на 75-80%. В монографии «Азот в жизни растений и в земледелии СССР», сравнивая азотный баланс СССР и западных стран, Д.Н. Прянишников делает вывод, что «резко выраженный дефицитный характер нашего баланса между выносом питательных веществ с урожаями и возвращением их с удобрениями, когда большая часть выноса возмещается не за счет удобрения, а за счет уменьшения запаса питательных веществ в почвах – несовместим с задачей регулярного поднятия наших урожаев».

Позднее было предложено, что в силу большого разнообразия почвенно-климатических условий страны определение баланса питательных веществ следует вести в разрезе отдельных сельскохозяйственных территорий, характеризующихся общностью природно-экономических факторов, а расчеты баланса питательных веществ целесообразно проводить за длительный период времени (10 лет и более), с тем чтобы можно было сопоставить данные баланса N (прежде всего по фосфору и калию) с объективными данными по содержанию подвижных форм этих веществ в почве, зафиксированными при периодических агрохимических обследованиях почв сельскохозяйственных угодий.

Вместе с ростом объемов химизации с середины 60-х гг. прошлого века баланс питательных веществ стал положительным, за исключением калия. Последнее обстоятельство связано с хорошей обеспеченностью калием пахотных почв основных природных зон, только 10% пахотных почв России имеют низкое и очень низкое содержание обменного калия. Поступление азота и фосфора превышало их вынос сельскохозяйственными культурами.

Баланс питательных веществ в земледелии России за последнее десятилетие складывался с превышением выноса питательных элементов над их поступлением с минеральными и органическими удобрениями и возвратом соломой и растительными остатками на 50-60%, а в 2014 г. – на 62%. К настоящему времени при резком превышении выноса над поступлением многолетний отрицательный баланс составляет по азоту 30, по фосфору – 10 кг, по калию – 27 кг/га, в среднем 60-70 кг NPK/га за год. В 2014 г. отрицательный баланс питательных веществ возрос до -80,8 кг NPK /га посевной площади.

К настоящему времени при резком превышении выноса над поступлением отрицательный баланс составляет по азоту 27, по фосфору – 7 кг, по калию – 37 кг/га. Для регионов с интенсивным сельскохозяйственным производством превышение выноса над поступлением значительно выше, о чем свидетельствуют данные по Краснодарскому краю, отрицательный баланс составляет по азоту 74, по фосфору – 14 кг, по калию – 114 кг/га.

В стационарном опыте Пермского НИИСХ закладки 1969 г., где изучаются вопросы влияния систем удобрений на обеспечение оптимального круговорота биогенных элементов с активным их балансом, показано, что положительный баланс азота 24-29 кг/га в год обеспечивается на фоне известкования при высоком насыщении пашни органическими удобрениями (навоз 20 т/га в год) или совместном внесении умеренной дозы органических удобрений (навоз 10 т/га в год) с эквивалентным количеством минеральных удобрений. На всех изученных системах удобрения баланс фосфора был положительным или сбалансированным. Установлено, что положительный баланс соответствует вариантам с максимальным запасом органического углерода, – через 32 года ведения опыта максимальные его за-

пасы наблюдались в почве вариантов органо-минеральных систем удобрения, где содержание гумуса в слое 0-20 см повысилось на 16-23% по сравнению с пахотным слоем неудобренной почвы.

Д.Н. Прянишников неоднократно обращался к проблеме рационального использования органических удобрений, рассматривая минеральные как замену недостающих органических удобрений. «... Никто, кроме людей, ничего не понимающих в земледелии, не подумает, что минеральными удобрениями станут заменять имеющийся в хозяйстве навоз, – они предлагаются для замены недостающего навоза...», – писал Д.Н. Прянишников в 1924 г. При решении задачи максимизации урожаев необходимо, указывал он, применять одновременно и навоз, и минеральные удобрения. Чем суше климат, тем регулирующая роль органических удобрений должна быть больше.

В длительном опыте ВНИИОУ в ходе 40-летних исследований установлена более высокая эффективность органо-минеральной системы удобрения в условиях недостатка влаги по сравнению с минеральной системой, обусловленная положительным влиянием органического вещества наводна на водно-физические свойства почв, которые не играли существенной роли в условиях оптимальной влагообеспеченности. При повышенном увлажнении преимущество органо-минеральной системы удобрения перед минеральной утрачивалось в связи с замедлением темпов разложения навоза и возникающим дефицитом легкодоступных элементов минерального питания (прежде всего азота) в почве.

В полевых опытах с известкованием ведутся теоретические исследования буферных свойств и природы почвенной кислотности. Применение удобрений при нейтрализации кислотности дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны, по данным длительных опытов Геосети, обусловило рост урожайности ярового ячменя и озимой пшеницы на тяжелых почвах в 3 раза и в 4 – на легких почвах при достижении окупаемости 10-13 кг / 1 кг питательных веществ удобрений.

Значительным резервом питательных веществ в земледелии Д.Н. Прянишников считал зеленые удобрения. «Каждый куст люпина (и другого бобового) есть, в сущности, миниатюрный

завод по утилизации атмосферного азота, работающий даром за счет солнечной энергии».

В опытах с однолетним люпином как предшественником картофеля на легких почвах ВНИИОУ прибавка урожайности картофеля от люпина на сидерат без удобрений составила 56 ц/га, причем в благоприятные по погодным условиям годы она достигала 103 и 121 ц/га.

Экономически выгодным оказалось использование люпина на зеленую массу или семена. Урожайность картофеля в этом варианте не уступала тем вариантам, где вся масса люпина была запахана под картофель.

Одним из важных факторов повышения эффективности применения удобрений является орошение. Д.Н. Прянишников указывал, что «... удобрение орошаемых земель должно быть признано первоочередным, ибо здесь действие удобрения выше, чем на неорошаемых землях». 60-летние исследования в длительном стационарном опыте Кабардино-Балкарского НИИСХ по изучению продуктивности севооборота, изменению показателей чернозема обыкновенного при длительном применении удобрений в богарных условиях и при орошении показали, что применение систем удобрения увеличивало продуктивность неорошаемого севооборота на 50-100%, а на фоне орошения – на 165-185%. Применение удобрений при орошении позволило получать 7,3-7,6 т/га зерна кукурузы и 4,8-5,3 т/га озимой пшеницы. Окупаемость 1 кг питательных веществ удобрений без орошения за время опыта увеличилась незначительно: до 6-7 кг зерновых единиц, а при орошении возросла до 17-18 кг зерновых единиц. За время проведения опыта обеспеченность орошаемой и неорошаемой почвы подвижным фосфором возросла от низкой до высокой, а калия – от средней до высокой. В настоящее время в республике на неорошаемой пашне обеспеченность фосфором в категории «высокая» и «очень высокая» имеют только 15% неорошаемых и 20% орошаемых земель, а калия – 20 и 40%, соответственно.

Результаты полевых опытов, проведенных в стране, явились основой для расчета нормативов на получение единицы урожая и единицы прибавки урожая. Разработка нормативов по удобрениям – пример первого комплексного использования в

перспективных и годовых планах развития сельского хозяйства всего имеющегося экспериментального материала по эффективности удобрений. Разработка нормативов на получение единицы урожая и единицы прибавки урожая, осуществленная в 1981-1985 гг. по 54 сельскохозяйственным культурам, является примером первого комплексного использования в перспективных и годовых планах развития сельского хозяйства всего имеющегося экспериментального материала по эффективности удобрений.

Новыми направлениями исследований, обуславливающими актуальность современных исследований в Геосети, являются наблюдения на техногенно загрязненных землях.

На Новозыбковской опытной станции (Брянская область) плотность загрязнения почвы ^{137}Cs в результате Чернобыльской аварии составляет 1221-1254 кБк/м² (зона отселения). В ходе проверки эффективности защитных мероприятий в стационарных опытах установлено, что применение минеральных удобрений и, прежде всего, калия в значительной степени снижает поступление ^{137}Cs в растения на лёгких дерново-подзолистых почвах. Доза калия 40 кг/га под люпин и 90 кг/га под картофель была достаточна для получения продукции, соответствующей нормативу по содержанию ^{137}Cs .

Координатная привязка опытов дает новую возможность использования спутниковых данных и ГИС-карт, в том числе как полигонов для дистанционного зондирования Земли. На космическом снимке, полученном из Интернета в свободном доступе, в качестве примера показана возможность разделения опытных участков площадью 75 м², где вносились органические и минеральные удобрения, и контроля при возделывании озимой пшеницы. Бурное развитие IT-технологий в 2000 годах послужило толчком к созданию методики построения растровых карт (регулярной сетки) урожайности сельскохозяйственных культур на основе полевых опытов с удобрениями. Для этих целей ведется активная работа по созданию баз данных длительных полевых опытов Геосети [1, 4, 5].

Эффективность применения минеральных и органических удобрений в значительной степени определяется изменчивостью погодных условий. Вместе с изменениями климата меня-

ется и эффективность химизации земледелия: окупаемость видов минеральных и органических удобрений, эффективное и потенциальное плодородие почвы, темпы и границы подкисления.

Сеть наблюдений Геосети, в которой осуществляется контроль за климатическими показателями, сопоставима с сетью наземных наблюдений гидрометслужбы, где из 454 станций около 45% находятся на землях, пригодных для сельскохозяйственного использования.

Многие опыты, заложенные в 60-х гг. в союзных республиках, продолжают и в настоящее время. Институт является координатором по длительным опытам стран СНГ, организуя и участвуя в ежегодных симпозиумах, начиная с 2006 г. В рамках работы содружества агрохимиков и агроэкологов ВНИИА подготовил программу организации международных агрохимических и агроэкологических исследований в Географической сети опытов стран содружества.

В 80-2000-е гг. развивается ландшафтный подход в разработке систем удобрения, в связи с широким применением высоких доз минеральных удобрений изучаются экологические последствия их внесения. На основе информации длительных опытов подготовлены методические материалы комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения, действующие и в настоящее время, а также проводятся исследования влияния изменений климата на почвенное плодородие, устойчивость урожаев, разрабатываются стратегии адаптации сельского хозяйства к ожидаемым климатическим изменениям [2].

В 2016 г. в рамках поиска возможностей управления потоками вещества и энергии на территориях сельскохозяйственного назначения разработаны требования к системе мониторинга эмиссии и стока парниковых газов в полевых опытах Геосети [3].

Экологическая направленность существенно расширяет ценность агрохимических исследований, что требует совершенствования методологии наблюдений в длительных стационарах Геосети [5, 6]. Исследования в Геосети должны получить новый импульс для эффективного управления природно-ресурсным потенциалом агроэкосистем с учетом динамики показателей их

состояния, вопросов экологической безопасности агроценозов, объединения агрохимических показателей с информацией об окружающей среде, разработки адаптационных подходов для устойчивого функционирования агроландшафтов. Такие исследования должны быть направлены на воспроизводство плодородия пахотных почв и предотвращение деградации земель сельскохозяйственного назначения, а также давать новые знания о круговороте биогенных элементов в агроценозах, минеральном питании растений, оптимизации содержания в почве питательных веществ и органического вещества, обоснованные с учётом результатов многолетних полевых наблюдений в Географической сети опытов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Опыт создания единой систематизированной базы данных полевых опытов Агрохимслужбы и Геосети «Агрогеос» / В.Г. Сычев, О.В. Рухович, В.А. Романенков [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. №3. С. 35-38.
2. Система «Почва-удобрения-погода-урожай» при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах ЕТР / В.А. Романенков, М.П. Листова, М.В. Беличенко [и др.] // Плодородие. 2009. №15 (46). С. 14-17.
3. Требования к системе мониторинга эмиссии и стока парниковых газов в полевых опытах Геосети / В.Г. Сычев, М.В. Чистотин, М.В. Беличенко [и др.]. М.: ВНИИА, 2016. 48 с.
4. Рухович О.В., Шарая Л.С., Шарый П.А. Использование характеристик рельефа при анализе пространственной изменчивости урожайности озимой пшеницы в Окском бассейне// Агрохимия. 2010. № 8. С. 49-57.
5. Метод оценки продуктивности почв агроценозов в глобальном масштабе (Мюнхебергская система рейтинга качества почв) / Л.М. Мюллер, Е.Н. Смоленцева, О.В. Рухович [и др.] // Плодородие. 2010. № 6. С. 31-33.
6. Современные направления исследований и результаты длительных полевых опытов Геосети / В.Г. Сычѐв, В.А. Романенков, Л.К. Шевцова // Плодородие. 2014. № 5 (80). С. 2-5.

Р.Ф. БАЙБЕКОВ, член-корр. РАН
ВНИИХСЗР, Москва

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ:
ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ –
ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ
РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ**

Если ознакомиться с историей развития человечества, то вполне обоснованно ее можно считать как историю вторжения мира людей в мир природы. Это подтверждается постоянным увеличением осваиваемых территорий и ростом потребления природных ресурсов. На планете Земля почти нет территорий, где бы ни ощущалось антропогенное влияние. Мы оказываем воздействие на море, на животный и растительный мир, на плодородие почв и круговорот воды.

По прогнозам ООН к 2050 г. население земного шара достигнет 10 млрд. человек. Это означает, что произойдет увеличение количества потребления продуктов питания и сокращение площадей сельскохозяйственных угодий в расчете на одного человека [6].

В настоящее время преобладает мнение, что биологический мир является просто-напросто средством для достижения поставленной цели. Материя должна приносить максимальную пользу в сфере производства продовольствия, промышленности и энергоснабжения. Самоценность этого мира не имеет большого значения. Все направлено на высокие показатели: урожайность сельскохозяйственных культур, надои молока, производство мяса и получение сырья для промышленности.

Однако, все не так однозначно. Изучение причин заброшенных поселений и появление огромных площадей пустынь во многих точках нашей планеты свидетельствуют о былой мощи и гибели тех или иных цивилизаций, навевают на мысль: а не существует ли угроза гибели и нашему обществу.

Даже богатейшие, самые технологически развитые общества сегодня встречаются с экономическими и экологическими проблемами. Все это заставляет думать, что пришло время

осмысленного роста потребления в союзе с природой, потому что планета Земля не статичная величина, не узко ограниченное жизненное пространство, а динамическая система, имеющая огромные, не открытые до сих пор возможности.

Сегодня на повестке дня стоит очередная парадигма: переход к укладу экономики, функционирующему не наперекор производительным силам природы, а вместе с ними. Ярким историческим примером, подтверждающим, что человеческие возможности не ограничены, является то, что в конце XVIII в. английский экономист Томас Мальтус пророчествовал, что сельскохозяйственное производство не в состоянии прокормить больше 1 млрд. человек. Однако, с этого времени количество людей выросло в 7 раз, пропорционально увеличилось количество потребляемых калорий на душу населения. Это произошло благодаря революционным открытиям Юстуса Либиха и Григора Менделя: совокупность агрохимии и системного подхода к растениеводству изменили сельское хозяйство, многократно повысив урожай культурных растений.

С точки зрения земледелия современная модель природопользования должна обеспечивать, наряду с получением продукции сельскохозяйственных культур, повышение плодородия почв и сохранение их экологических функций в биосфере. Экологизация земледелия возможна на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые опираются на имеющийся ресурсный потенциал экологических систем (климат, почва, пресная вода и др.) и интеллектуальные способности человека.

Основоположник научного почвоведения В.В. Докучаев рассматривал почву как естественно-историческую биокосную систему, возникшую в результате взаимодействия климата, растительности, рельефа, почвообразующей породы. Однако антропогенное воздействие давно стало повсеместным (особенно после появления плуга), и его следует рассматривать как отдельный фактор почвообразования, поэтому необходимо равноправное изучение естественных и антропогенных факторов почвообразования. Агропедогенез – сложный, складывающийся из изменений как подвижных (мобильных), так и стабильных (фундаментальных) свойств почв, определяющих вектор направленности агроэкологического состояния, эволюции агро-

генных почв и их потенциального плодородия на перспективу [1]. Поэтому требуются фундаментальные исследования по определению средоразрушающих и средосохраняющих воздействий различных систем земледелия на почву и окружающую среду в целом. Теоретической основой оптимизации свойств и режимов почв служат такие законы земледелия, как закон незаменимости факторов жизни растений, закон минимума, оптимума и максимума, закон соответствия культуры среде произрастания, закон возврата. Кроме них существует ряд принципов, которыми должно руководствоваться научное земледелие, – севооборот, плодосмен, выращивание промежуточных (сидеральных) культур, бинарные посевы, многолетние травы, подавление сорных растений, защита от вредителей и болезней и др., которые направлены на оптимизацию свойств почв и условий развития культурных растений. По классификации В.И. Кирюшина [5], агротехнологии бывают: экстенсивные, нормальные, интенсивные и высокоинтенсивные. При использовании экстенсивных технологий, в соответствии с которыми в нашей стране используют около 50% пахотных земель, выращивание сельскохозяйственных культур осуществляется в основном за счет естественного плодородия почв, что в итоге приводит их к деградации.

В развитых странах, а также в некоторых регионах России широко применяют интенсивные технологии. Их основоположником считают отца «зеленой революции» Нормана Борлауга. Благодаря сочетанию науки и техники с практическим сельским хозяйством ему удалось за короткий период увеличить урожайность зерновых культур в 2,5-3 раза. Эти результаты были достигнуты за счет успешной селекционной работы, применения минеральных удобрений, химических средств защиты и мощных сельскохозяйственных машин и орудий. Однако для реализации таких технологий необходимо огромное количество невозобновляемых природных ресурсов, за что в конце 70-х гг. XX века основоположник «зеленой революции» подвергся критике. Со многими замечаниями он соглашался и говорил, что «зеленая революция» принесла временный успех в войне против голода, она дала человеку перевести дух» [6]. В связи с увеличением урожайности сельскохозяйственных культур и по-

треблением огромных ресурсов резко возросла нагрузка на окружающую среду. По подсчетам экспертов, на сельское хозяйство вместе со смежными отраслями промышленности приходится 25-30% мировых выбросов парниковых газов, что приводит к изменению климата. Повлияло антропогенное воздействие и на плодородие почв. Если оценить современное состояние почв в нашей стране, то они в основном деградированы. В России сосредоточено 50% мировых площадей черноземных почв, однако, по данным ФАО и Росстата, среди ведущих производителей зерна наша страна занимает последнее место по урожайности (рис. 1).

Деградация – это устойчивое ухудшение основных свойств почвы, потеря производительных и экологических функций. Основная ее причина – несоответствие существующих технологий законам и экологическим принципам естественного формирования почвы. На сегодняшний день в земледельческой практике подавляющее большинство агротехнологий предусматривает обязательное использование механической обработки почвы (вспашка, безотвальная обработка, дискование, культивация и др.). Особенно резкой критике подвергается вспашка, при которой плуг меняет верхний и нижний слой местами, из-за чего происходит угнетение всей почвенной фауны, нарушается структура и водопрочность агрегатов. Перепаханная почва быстрее высыхает, подвергается эрозии, уменьшается содержание органического вещества. Усугубляет отвальная обработка и проблему сорной растительности. Если сорняки успевают обсемениться, то при перемешивании почвы весь пахотный слой насыщается их семенами. Те из них, которые остались в верхних слоях взойдут, а другие «затаятся» в ожидании того времени, когда окажутся наверху.

Переход в 90-е годы на рыночную экономику и отсутствие эффективной государственной политики, диспаритет цен, вынужденный переход сельскохозяйственных производителей в основном на экстенсивные системы земледелия (несоблюдение севооборотов, преобладание монокультур, минимальное применение удобрений и средств защиты, отсутствие химической мелиорации) усилили деградационные процессы.

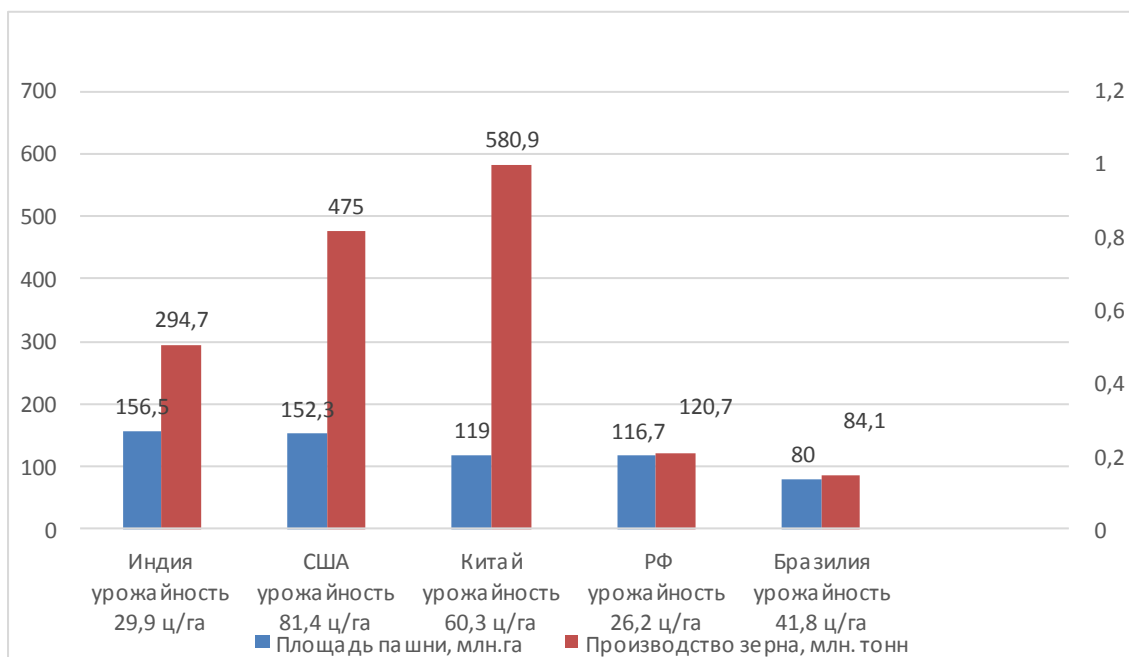


Рис. 1. Земельные ресурсы и валовый сбор зерна в ряде стран мира и Российской Федерации в 2016 г. (по данным ФАО и Росстата)

Как было сказано, при экстенсивной технологии основная часть урожая формируется за счет потенциального плодородия почв. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, за последние три года вынос питательных веществ из почвы с урожаем составил 38,9 млн. т, тогда как внесли всего 15,8 млн. т. При этом в России производят около 22 млн. т д.в. минеральных удобрений, а применяют около 3,3 млн. т. Понимая важность удобрений, в развитых странах их вносят по 150-250 кг д.в. на 1 га пахотных земель, а в России – всего 37 кг д.в.

Еще одна из серьезнейших проблем – ежегодное увеличение площади кислых почв. По нашим расчетам (табл. 1), из-за крайне низких масштабов известкования (в среднем 350 тыс. га ежегодно, что составляет 5-7% от оптимальной потребности) к 2020 г. она увеличится в 1,5-1,6 раза и достигнет 58,4 млн. га, причем площадь пахотных почв с рН – 5,0 и менее, которые нуждаются в первоочередном известковании, возрастет более чем в 2,5 раза.

Таблица 1

**Прогноз динамики кислотности пахотных почв
в зоне известкования Российской Федерации**

Интервал рН почвы	2003 г. (исходный)		2010 г.		2020 г.	
	млн. га	%	млн. га	%	млн. га	%
5,6-6,0	24,0	40,9	7,2	12,3	2,9	4,9
5,1-5,5	22,3	38,2	29,9	51,2	23,5	40,2
4,6-5,0	9,4	16,2	17,0	29,2	24,7	42,3
4,5 и менее	2,7	4,6	4,3	7,3	7,3	12,6
всего	58,4	100	58,4	100	58,4	100
в том числе:						
рН=5,5 и менее	34,8	59,2	51,2	87,7	55,5	95,1
рН=5,0 и менее	12,3	20,9	21,3	36,4	32,0	54,8

Не менее важные причины снижения плодородия почв – водная и ветровая эрозия, которая за техногенный период многократно увеличилась. За один ливень в зависимости от крутизны склона с 1 га вспаханной почвы смывается от 10 до 50 т плодородного верхнего слоя, основную часть которого составляют илистые и коллоидные частицы, что приводит к снижению плодородия на 30-60% [1]. По данным Росстата за 2016 г., вследствие распашки в земледельческой зоне появилось 70-80% оврагов и балок, а площадь под ними ежегодно увеличивается на 80-90 тыс. га. Из-за эрозии заиливаются, заболачиваются и исчезают реки, вследствие чего нарушается водный режим. Кроме того, продукты эрозионного разрушения почв, а с ними вместе агрохимикаты, биогены, тяжелые металлы, в том числе радионуклиды, поступая в реки, ухудшают качество речной воды. В России подвержены эрозии в различной степени 35 млн. га пашни. По словам Г.В. Добровольского [4], «...пренебрегая реальной охраной и восстановлением почв, государство и человечество в целом рискуют остаться без почвы под ногами, что будет означать неуклонное угасание сложноорганизованной жизни на Земле».

Проблемы экологии тесно переплетаются с вопросами экономики. При существующих традиционных технологиях

(вспашка и другие мероприятия по подготовке почвы к посеву) горюче-смазочных материалов требуется в 2,0-2,5 раза больше, чем при использовании природоподобных технологий, на амортизацию и текущий ремонт – в 2,3 раза, оплату труда – в 2,5 раза. В структуре энергозатрат наибольшая доля приходится на дизельное топливо – 30%, бензин – 10-15%, природный газ – 20%, электроэнергию – 10%. То есть основное потребление энергии осуществляется за счет первичных невозобновляемых источников. Положение в сельском хозяйстве непрерывно усложняется ростом тарифов и цен на топливно-энергетические ресурсы [7].

С каждым годом сельский труд становится менее престижным и рентабельным, страна теряет целые деревни. Неоспоримый факт заключается и в том, что за изменение климата, деградацию почвы, загрязнение водоемов и рек во многом ответственны существующие агротехнологии. Все перечисленные негативные явления подтверждают, что сельское хозяйство использует устаревшие, неэффективные технологии и нуждается в революции эффективности на основе природоподобных адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Видеть будущее в простом продолжении настоящего ошибочно.

В мировой земледельческой практике существуют разные технологии, адаптированные к конкретным почвенно-климатическим условиям. Одна из них – технология прямого посева. В последние 40-50 лет она широко распространяется во многих странах мира, и на сегодняшний день с ее использованием возделывают сельскохозяйственные культуры на площади более 200 млн. га.

Ярким примером успешного внедрения и применения технологии прямого посева является Аргентина (рис. 2), где 81% посевных площадей заняты данной технологией. Урожайности сельскохозяйственных культур за 40 лет выросли в 1,5 раз, а затраты снизились в 1,6 раза.

Главные преимущества технологии прямого посева – почвоулучшающее и средосохраняющее воздействие на почву и высокий экономический эффект. Ее основополагающие принципы – отсутствие механической обработки и сохранение растительных остатков на поверхности.

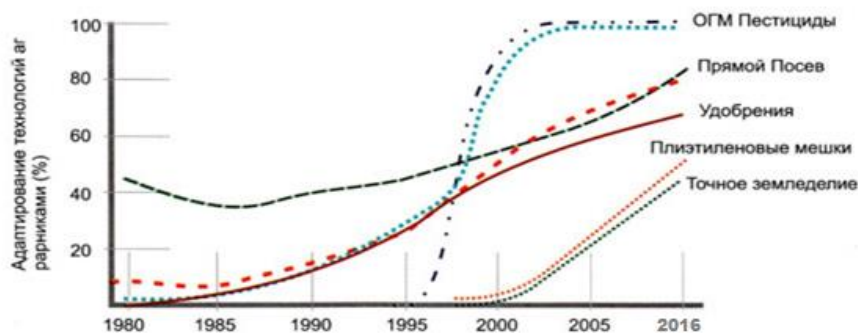


Рис. 2. Рост применения технологии прямого посева за последние годы (Аргентина)

Такая природоподобная технология открывает возможности для увеличения КПД солнечного света и продления фотосинтетического периода путем использования промежуточных и бинарных посевов, что служит важным фактором в улучшении окружающей среды. Прекращение механической обработки почвы и создание мульчирующего слоя обуславливают включение в работу природных почвообразовательных процессов и создание благоприятных условий для роста и развития растений, мезо- и микрофауны почвы. Традиционная технология, предусматривающая вспашку и другие механические приемы воздействия на почву, приводит к «сгоранию» органического вещества, выделению парниковых газов в атмосферу. Прямой посев способствует пополнению органического вещества в верхнем слое почвы в виде растительных остатков основных, сидеральных и промежуточных культур в севообороте, выполняющих функции энерго- и влагосбережения в системе.

Необходимо отметить, что технология прямого посева – это часть научно-обоснованной системы земледелия, которая включает агроэкологическую оценку земель на основе ГИС,

наличие севооборотов с обязательным включением трав, сидеральных и промежуточных культур, разработку и внедрение систем применения удобрений и средств защиты, использование навигационных систем и бортовых компьютеров, равномерное распределение растительных остатков, посев специальными сеялками. Анализ собранной информации о мировой практике показывает, что для успешного освоения таких современных технологий необходимы определенные условия: политическая и финансовая поддержка государства, проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, пропаганда через СМИ, подготовка и переподготовка кадров в образовательных учреждениях, выпуск специализированной техники. В нашей стране технология прямого посева пока не нашла широкого распространения и применяется на сравнительно небольшой площади ограниченным количеством хозяйств. Основные факторы, сдерживающие ее масштабное освоение – отсутствие научно-методических рекомендаций, рекламы, консерватизм, относительно низкие цены на горюче-смазочные материалы, а также негативное отношение многих представителей науки.

Для получения достоверных сведений об эффективности любой технологии необходимы длительные экспериментальные исследования. В ряде научных учреждений ФАНО и сельскохозяйственных вузов заложены опыты по изучению возможностей применения технологий прямого посева в разных почвенно-климатических зонах страны. Например, в опытах на черноземах выщелоченных лесостепи Западной Сибири, которые с 2007 г. ведутся в Сибирском НИИ земледелия и химизации [3], урожайность яровой пшеницы по технологии прямого посева находится на одном уровне или несколько выше, чем при выращивании культуры по традиционной технологии на основе глубокого рыхления (рис. 2).

Кроме того, начиная со второй ротации севооборота количество нитратного азота в метровом слое почвы при прямом посеве выше, что вероятно связано с высокой микробиологической активностью. Фитосанитарное состояние при правильном и своевременном применении пестицидов уменьшается до 3-5% (при пороге вредности 10%) [3].

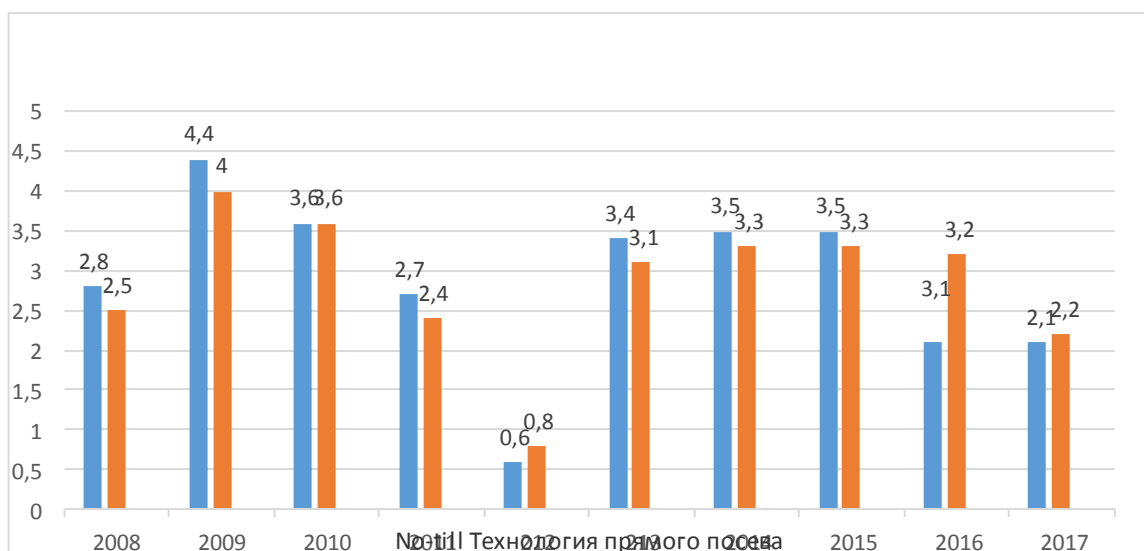


Рис. 3. Урожайность зерна пшеницы на фоне комплексного применения средств химизации в зависимости от технологии возделывания, т/га

Показатели урожайности, накопления растительных остатков на поверхности (мульчи), изменения агрохимических и агрофизических свойств почвы, полученные за 10 лет исследований, свидетельствуют, что технология прямого посева более предпочтительна. С 2008 г. изучением эффективности прямого посева на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах занимаются на полевой опытной станции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Урожайность озимой пшеницы по технологии прямого посева в этих опытах также не ниже, чем при традиционной (табл. 2) [2].

Таблица 2

Урожайность озимой пшеницы по вариантам полевого опыта ЦТЗ, т/га

Обработка почвы	Годы								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
традиционная технология	4,23	4,63	3,70	6,31	6,12	2,75	6,74	5,00	5,39
технология прямого посева	5,09	4,11	3,55	6,15	5,87	4,59	6,73	5,52	5,09
НСР ₀₅ , т/га	0,14	0,19	1,00	0,64	0,31	1,42	0,11	0,39	0,15

С целью полномасштабного изучения возможности распространения технологии в разных почвенно-климатических зонах на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия кроме перечисленных научных учреждений аналогичные работы ведутся во многих почвенно-климатических зонах страны, особенно в регионах с низким коэффициентом увлажнения.

К сожалению, в нашей стране до сих пор отсутствует государственное задание научным учреждениям по объективной оценке экономических и экологических последствий прямого посева, ученые проводят такие исследования в основном по собственной инициативе. Изучив опыт других стран, товаропроизводители первыми начали осваивать технологию прямого посева на своих предприятиях. Она находит все большее распространение в засушливых регионах страны (Ростовская, Волгоградская, Самарская, Оренбургская, Курганская области, Ставропольский и Алтайский край и др.).

Большинство сельскохозяйственных производителей, осваивающих технологию прямого посева, указывают на отставание научных исследований в этом направлении. В то же время данные, полученные на основании краткосрочных научных опытов и в условиях производства, показывают, что применение технологии прямого посева имеет большую перспективу как с точки зрения сохранения плодородия, так и конструирования экономически и экологически сбалансированных агроландшафтов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байбеков Р.Ф. Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрений. М.: ЦИНАО, 2003. 192 с.
2. Беленков А.И., Шевченко В.А., Трофимов Т.А. Научно-практические основы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия. М.: РГАУ-МСХА, 2015. 499 с.
3. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Возможности экологизации технологий в земледелии Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. №9. С. 21-24.
4. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. М.: Наука, 2006. 364 с.
5. Кирюшин В.И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. СПб.: Квадро, 2018. 566 с.
6. Фюкс Р. Зеленая революция. М.: Альпина нон-фикшн, 2016. 328 с.

7. Инновационное земледелие – приоритетное направление развития отрасли / Д.И. Файзрахманов, Р.Ф. Байбеков, Е.И. Залтан [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. 2015. Т. 10. №1. С. 11-14.

УДК 631.4:631.5:633.11

Г.П. ГАМЗИКОВ, академик РАН
Новосибирский ГАУ, Новосибирск,
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ СОХРАНЕНИЯ ПЛОДородия почв и получения СТАБИЛЬНЫХ УРОЖАЕВ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В СИБИРСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Сибирь – громадная природная страна, занимает почти 57% территории России, где проживает около 24 млн. человек. Регион располагает значительными земельными ресурсами для развития растениеводства: из 56,7 млн. га сельхозугодий 24 млн. га занято пашней, более 15 млн. га ежегодно засеваются сельскохозяйственными культурами [1]. Удельный вес СФО в производстве зерна, картофеля и других видов продукции составляет 15-18% от российского, а себестоимость производимой продукции находится на уровне среднего индекса по стране [2].

В Сибири, несмотря на своеобразные и весьма неблагоприятные почвенно-климатические условия (резкая континентальность, многозональность, разнообразие почвенного покрова, короткий безморозный период, частые засухи и др.), благодаря разработкам учёных-аграриев и опыта производителей, удаётся достаточно стабильно получать урожаи зерновых, кормовых, технических и овощных культур. В структуре посевных площадей региона лидирующее положение занимают яровые зерновые культуры, среди них преобладают пшеница, ячмень и овёс, что позволяет получать продовольственное и фуражное зерно. Тем не менее, природные ресурсы и антропогенные резервы наращивания производства растениеводческой продукции реализованы лишь на 30-40%.

К сожалению, за последнее 25-летие продолжается устойчивая тенденция к снижению производства основных видов зерновой продукции: в настоящее время в сравнении с 1986-1990 гг. общий сбор зерна снизился на 35% [1, 2]. Сократились площади под посевами озимой ржи в 5,8 раза, овса – в 2,8 раза, зернобобовых – в 2,5 раза. Наблюдаются диспропорции между потребностями и производством зерна сильных и твёрдых пшениц, ржи, гречихи, проса и зернобобовых культур. Слабая реализация потенциальных возможностей по урожайности и качеству продукции характерна также для кормовых, масличных и технических культур.

Рассмотренные тенденции снижения посевных площадей, получение невысоких урожаев и низких валовых сборов недостаточно качественной продукции растениеводства, несомненно, не отвечают задачам продовольственной безопасности нашей страны. В настоящей работе попытаемся рассмотреть природные возможности и существующие ограничения в формировании продуктивности растений в сибирских условиях, а также антропогенные факторы, с помощью которых имеются реальные пути успешно избежать негатива и получать достойную продуктивность полевых культур в регионе.

Системный анализ исторического развития различных этапов земледелия в России и ведущих европейских странах [3-5] показывает, что на всех временных отрезках развития и при любом социальном статусе общества примерно одни и те же факторы, но каждый из них неоднозначно, оказывали тормозящее влияние на эффективность развития сельскохозяйственного производства. Как правило, эффективное развитие сельскохозяйственного производства определяется государственной аграрной политикой в отношении крестьянства. Внимание к аграрному сектору в стране должно быть на уровне важнейших отраслей народного хозяйства (оборонной, промышленной, энергетической и др.) при соответствующей финансовой поддержке. Только грамотная аграрная политика государства, направляемая властями всех уровней и на основе достижений сельскохозяйственной науки, сможет реально решить все вопросы продовольственной безопасности.

Современные уровни научно-технического прогресса аграрной науки дают реальные возможности предотвращать и нивелировать негативные проявления природных (климата, плодородия) и биологических (культуры, сорта) факторов, что в конечном итоге позволяет создавать благоприятные условия для роста, развития и формирования урожая культур. При этом, как показывает опыт руководителей успешных предприятий, за счёт оптимизации агротехнологий, квалифицированного и эффективного использования организационно-хозяйственных, социальных и экономических факторов удаётся стабильно поддерживать высокий рейтинг по производству сельскохозяйственной продукции. Основой эффективного производства растениеводческой продукции в любом крестьянском и коллективном хозяйстве, агрохолдинге, независимо от его величины и статуса, во всех регионах и в целом по стране может быть только комплексный подход к учёту и решению современных проблем.

Судьба земледельца в любые времена зависела, прежде всего, **от природных факторов** той территории, где ему приходилось осваивать землю и трудиться над получением урожая. Условия для сибирского земледелия всегда были и остаются ограничительно жёсткими в рамках природных особенностей каждой почвенно-климатической зоны (табл. 1). Из всех природных факторов (солнечная инсоляция, континентальность климата, недостаток увлажнения, уровни плодородия почв), обычно определяющих уровень продуктивности пашни, наиболее безлимитным и благоприятным для роста и развития растений оказалась только солнечная энергия. При её эффективном использовании перспективно получать до 80 ц з.ед. продукции.

Непрогнозируемое по годам и в течение вегетации культур природное увлажнение за счёт осадков не всегда позволяет получать устойчивую продуктивность посевов, в засушливые годы наблюдается не только значительное снижение урожайности, но и в отдельные годы – полная гибель посевов. Характерные колебания урожайности полевых культур по годам наблюдаются в каждой природной зоне. Агротехнические и мелиоративные научные разработки по влагонакоплению и влагосбережению лишь отчасти снимают стрессовую ситуацию при неблагоприятных условиях природного увлажнения. Большое

значение в стабилизации продуктивности культур, особенно в южной лесостепи и степи, имеют паровые поля и орошение.

Таблица 1

Климатические и почвенные факторы, ограничивающие продуктивность полевых культур в Сибири

Природные факторы и возможная продуктивность, з.ед. ц/га			Средняя реальная урожайность, ц/га з.ед.	Климатические условия		
инсоляция	увлажнение	плодородие почв		сумма $t^{\circ} > 10^{\circ}C$	осадки, мм	безморозный период, дни
южная тайга, подтайга						
40-58	38-50	6-15	5-12	1600-1800	400-500	105-115
северная и центральная лесостепь						
50-72	17-45	12-24	10-17	1800-1900	350-400	115-120
южная лесостепь						
40-80	12-35	10-20	8-16	1900-2100	300-350	120-125
степь						
60-86	8-20	5-16	4-11	2000-2400	270-300	125-135

Фактор плодородия почв, как и увлажнение, оказывает также решающее и не всегда положительное влияние на формирование урожая культур. В нечернозёмной полосе сибирского земледелия, где преобладают малопродуктивные дерново-подзолистые и серые лесные почвы, средняя реальная урожайность за счёт природного плодородия, как правило, не превышает 5-12 ц/га зерновых единиц и лишь в паровых полях достигает 15 ц/га. Без известкования кислых почв и применения полного удобрения (NPK) невозможно получать полноценные урожаи полевых культур. В лесостепи на тёмно-серых лесных, чернозёмах и лугово-чернозёмных почвах по парам за счёт естественного плодородия можно получать до 18-28 ц/га, в остальных полях севооборота без применения удобрений сбор зерна, как правило, не превышает 10-15 ц/га. В степной зоне, где в пашне преобладают почвы с невысокими потенциальными возможностями по естественному плодородию (обыкновенные и южные чернозёмы, каштановые), продуктивность зерновых по

пару ограничивается 10-16 ц/га, по другим предшественникам значительно меньше – 6-11 ц/га. Во всех почвенно-климатических зонах региона, как свидетельствуют материалы агрохимического обследования почв [6], результаты научных исследований и практика авангардных хозяйств [7], **необходимо обязательное применение удобрений**, иначе не реализуются затраты на семена новых сортов, химические и биологические средства защиты растений, влагосберегающие системы обработки почвы и современную технику. В настоящее время в регионе, даже при оптимизации всего комплекса агротехнических факторов, основной сдерживающей причиной получения устойчивых урожаев качественной продукции полевых культур будет дефицит элементов минерального питания. Нами предложены дифференцированные нормативы потребности полевых культур в удобрениях с учётом почвенно-климатических условий и планируемой продуктивности полевых культур при разных системах земледелия (табл. 2).

Таблица 2

**Необходимые нормативы применения удобрений
и возможные уровни продуктивности зерновых культур
в зависимости от природных условий Сибири
и систем ведения земледелия, ц/га**

Природная зона	Системы ведения земледелия			
	экстенсивная	ординарная	интенсивная	высокоинтенсивная
тайга, подтайга	5-10	7-16	26-40	40-50
лесостепь	8-15	10-18	22-35	35-40
степь	4-11	8-16	15-20	20-25 (30-40)*
Нормы минеральных удобрений (NPK) для получения планируемого урожая				
кг д.в./га посева	0-20	30-45	60-75	95-135

*- в скобках – урожайность при орошении.

Устранение дефицита элементов минерального питания при их возделывании за счёт увеличения применения органиче-

ских и минеральных удобрений позволит сохранить плодородие почв и увеличить выход качественной продукции. Результаты многолетних длительных опытов с удобрениями [7] убеждают, что систематическое их применение является одним из первоочередных долгосрочных капиталовложений, приносящих высокую прибыль в первые 2-3 года, и длительное положительное последствие, влияющее на все составляющие плодородия почв. Поэтому необдуманный отказ товаропроизводителей от использования местных (навоз, птичий помёт, сидераты, солома и др.) и применения минеральных удобрений означает примирение их с низкими урожаями некачественной продукции, ухудшением плодородия почв и сокращением доходов.

Крайне важными **биологическими факторами** в системе земледелия являются главные растениеводческие объекты – возделываемые культуры и их сорта. Именно их адаптивность, созданная селекционерами, к природным условиям и агротехническим приёмам позволяет выбирать оптимальный набор культур, а затем подбирать сорта, устойчивые к абиотическим и биотическим условиям каждой природной территории. Выбор полевых культур для каждой почвенно-климатической зоны обусловлен, прежде всего, климатическими критериями: суммой активных температур, продолжительностью безморозного периода для вегетации растений и годовой суммой осадков и их сезонным распределением (см. табл. 1). Эти показатели, наряду с данными агрохимических свойств почв, служат основой для выбора не только культур, но и сортов. Например, естественно, что теплолюбивые культуры (соя, просо) не дадут урожая в тайге и подтайге, как и озимая пшеница в степи. При этом ряд культур (например, мягкая пшеница, овёс, гречиха), обладая высокой адаптивностью к погодным и почвенным условиям и при подборе соответствующих сортов, могут вегетировать, формируя полноценный урожай практически в любой зоне региона.

При подборе сортов полевых культур необходимо учитывать результаты многолетнего сравнительного испытания сортов на госортучастке в той же почвенно-климатической зоне, где расположено хозяйство. Допуск сорта к производственному использованию (районированию) гарантирует приспособленность его к местным природным условиям и стабильность по

продуктивности. Погоня за привозными инорайонными, а особенно зарубежными сортами, как правило, приводит к неоправданно завышенным затратам и малогарантированному эффекту.

По своему потенциалу сорта подразделяются на экстенсивные (пределы урожайности зерна до 20 ц/га), интенсивные (до 30 ц/га) и высокоинтенсивные (до 45 ц/га и выше). Интенсивные, а особенно высокоинтенсивные современные сорта, обладая положительными хозяйственными признаками, для реализации своего потенциала по продуктивности требуют высокой обеспеченности влагой и элементами минерального питания. Например, для получения устойчивого урожая интенсивного сорта необходимо вносить не менее 60-75 кг/га, высокоинтенсивного – 95-130 кг/га полного удобрения (NPK). Агрonomическое решение о том, какой сорт следует выращивать в хозяйстве, принимается с учётом агрохимической характеристики почв поля, потребности сорта в элементах питания и возможностей хозяйства на приобретение требуемых удобрений. При выборе культур и сортов, кроме соответствия по климатическим параметрам и потребности элементов минерального питания, следует учитывать устойчивость их к кислотности, засолению, загрязнению тяжёлыми металлами и другим неблагоприятным условиям. Опыт показывает, что неправильный выбор культур и сортов в хозяйстве может привести к недобору урожая до 30-40 % и более.

Существенная роль в системе эффективного производства растениеводческой продукции принадлежит **агротехнологическому фактору**, куда относится группа приёмов, входящих в комплекс региональных адаптивно-ландшафтных систем земледелия разного уровня интенсивности. Эти системы включают отраслевую направленность, качественные семена, лучшие севообороты, приёмы основной и предпосевной обработки почвы, применение органических и минеральных удобрений, агротехнических и химических мер борьбы с сорняками, биологической и химической защиты растений от вредителей и болезней, а также уровень технологической энерговооружённости. Для каждого субъекта РФ (в т.ч. и для Сибирского) учёными разработаны системы земледелия, в которых даны научно-обоснованные рекомендации по технологии поэтапного возде-

лывания сельскохозяйственных культур [8]. Эти системы адаптированы к биоклиматическим условиям регионов, хорошо проверены практикой и, как правило, работают достаточно стабильно. Сбои в формировании продуктивности бывают в случае погодных катаклизмов (засуха, переувлажнение, град, наводнения и др.) и в результате «человеческого фактора», т.е. при отклонении или несоблюдении агротехнологических приёмов, разработанных наукой и скорректированных опытом предшествующих лет для почвенно-климатической зоны. Если первая причина оказывает влияние только в экстремальных случаях, то на долю системного нарушения технологической дисциплины, несвоевременного выполнения агротехнических приёмов по защите растений от вредителей и болезней, отказа от применения удобрений или занижения норм их внесения, запоздалой уборки и плохой организации и недисциплинированности работающих приходится суммарно до 50-70% недобора урожая. В частности, доля потерь продуктивности культур в регионе от нарушения сроков и технологии выполнения работ может ежегодно составлять 8-15%, от некачественной обработки почв – 5-7%, при посеве плохими семенами – 5-10%, от сорняков – 12-16%, от болезней и вредителей – 10-20%, при уборке – 8-12%. Подтверждением этому наглядно служат многолетние различия на сопредельных территориях в урожаях зерновых между рядовыми хозяйствами (10-17 ц/га) и передовыми производствами типа ЗАО «Ирмень» Новосибирской области и ЗАО «Назаровский» Красноярского края, получающих стабильно до 30-45 ц/га. В аналогичных хозяйствах, где высокий уровень освоения достижений аграрной науки, неукоснительное выполнение агротехнологий и строгая трудовая дисциплина, не допускающая нормативных отклонений в процессе выращивания культур на основе освоения интенсивных технологий, позволяют получать не менее 36 ц зерна с гектара.

Во многом вышеотмеченные агротехнологические упущения обусловлены **социальными и организационно-хозяйственными факторами**. Сюда, прежде всего, входят низкий уровень финансовой и материально-технической обеспеченности на всех этапах производства, недостаток квалифицированных кадров, слабый уровень профессионализма и грамот-

ности руководителей, специалистов и исполнителей, во многих хозяйствах низкая и несвоевременная оплата труда, что ведёт к нарушениям исполнительности и волюнтаризму агротехнологической дисциплины.

В современном сельскохозяйственном производстве, к сожалению, крайне низкий уровень освоения достижений аграрной науки как из-за недостаточной обеспеченности села квалифицированными кадрами, так и слабого уровня материально-технической базы. Пренебрежение к маркетингу производства, переработки и реализации продукции, а также к финансовому и технологическому планированию приводят к слабой эффективности товарного производства. Это подтверждается анализом Сибирского НИИ экономики сельского хозяйства СФНЦА РАН [1], который свидетельствует о неблагополучии в настоящее время практически по всем составляющим социального фактора в регионе, поскольку «...среди сельскохозяйственных товаропроизводителей лишь небольшой удельный вес занимают хозяйства, производство которых основано на инновациях» [1, с. 3]. В растениеводстве, как считают авторы книги, более 70% товаропроизводителей используют экстенсивные и устаревшие технологии, низкокачественные семена, не проводят в требуемых объёмах защитные мероприятия против сорняков, вредителей и болезней и не применяют удобрения. Низкий уровень продуктивности полей, неустойчивые и заниженные цены на сельскохозяйственную продукцию при одновременно растущей стоимости техники, горючего, средств защиты растений и промышленных удобрений ведут к большой закредитованности товаропроизводителей и неполноценной отдаче вложенных средств. Отсутствие достойной оплаты труда и постоянная её задержка приводят к оттоку молодёжи, что также не способствует перспективам развития села.

Важное место в эффективном производстве растениеводческой продукции занимают **экономические факторы**, которые обусловлены как активностью товаропроизводителя, так и в значительной мере уровнем законодательной и финансовой поддержки крестьян со стороны государства. Анализ экономического состояния сельскохозяйственного производства сибирских субъектов РФ [1, 2] свидетельствует о низкой рентабель-

ности производства продукции растениеводства, высокой себестоимости, а, следовательно, малой доходности товаропроизводителей. В большинстве хозяйств не проводится ежегодный экономический и агрономический анализ недополучения урожайности, мирятся с нарушениями агротехнологической дисциплины и не стремятся к освоению инновационных экономических и технологических решений, направленных на получение высокого сбора качественной продукции в следующем году.

Таким образом, повышение экономической эффективности производства растениеводческой продукции в регионе в значительной мере сдерживается и недостаточным уровнем государственной поддержки АПК по освоению разработок аграрной науки. В настоящее время необходимо совершенствовать территориально-зональное размещение отраслей полеводства, осваивать инвестиционные проекты по интенсивным системам земледелия, химизации и мелиорации растениеводства, способствовать освоению природных агроресурсов (торф, торфовивианиты, сапропели и др.), расширять посевы отечественных интенсивных сортов и осваивать современные системы их семеноводства, увеличивать количество местных предприятий по глубокой переработке растениеводческой продукции. Для повышения устойчивости производства товарной продукции для селян необходимы государственные субсидии и обязательное страхование посевов от потерь и гибели урожая от природных стрессов (засуха, ливни, град, наводнения и др.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Межрегиональная схема размещения и специализации сельскохозяйственного производства в субъектах Российской Федерации Сибирского округа: рекомендации / ФГБУ СО РАН. Новосибирск, 2016. 255 с.
2. Обеспечение продовольственной безопасности регионов Сибири / П.М. Першукевич [и др.] ; РАН СО, ФАНО. Новосибирск: СО РАН, 2016. 148 с.
3. Никонов А.А. Спираль многовековой драмы: аграрная наука и политика России (XVIII-XX вв.). М.: Энциклопедия российских деревень, 1995. 574 с.
4. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В 3 т. М.: Агрорус, 2008. Т. 3. 960 с.
5. Крестьяне, власть, наука в аграрной истории России. М.: Достоинство, 2014. 608 с.

6. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Реестр плодородия почв. М.:ВНИИА, 2013. 208 с.
7. Эффективность длительного применения удобрений в полевых агроценозах Сибири / Г.П. Гамзиков [и др.] // Бюллетень Геосети опытов с удобрениями, вып. 16. М., 2014. 48 с.
8. Агроэкологическая оценка земель, проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство. М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.
9. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В 3 т. М.: Агрорус, 2008. Т. 1. 815 с.

УДК 631.4:631.58

Н.В. АБРАМОВ, д-р с.-х. наук, профессор
С.А. СЕМИЗОРОВ, канд. с.-х. наук, доцент
С.В. ШЕРСТОБИТОВ, канд. с.-х. наук, доцент
*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, Тюмень*

АГРОХИМИЯ В ЭПОХУ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Точное земледелие с использованием спутниковых навигационных систем приобретает системный характер. При этом учитывается, что агроценоз – это сложная биологическая система, динамично развивающаяся и быстро изменяющаяся. Регулирование продукционных процессов следует осуществлять по микропериодам органогенеза и по микроучасткам поля [1-4].

В процессе разработки инновационных технологий с использованием космических систем предложен системный подход выполнения агротехнологий, начиная со сбора информации об агроландшафтах, дистанционного зондирования Земли и заканчивая конкретным агроприемом с учетом гетерогенности полей и фитосанитарным состоянием посевов. Использование техники нового поколения, её совместимость, адаптивность к почвенно-климатическим условиям, целесообразный подбор средств химизации в наукоёмких технологиях помогают оптимизировать ресурсную базу производства, добиваться запро-

граммированной продуктивности агроценозов с желаемым качеством экологически безопасной продукции [5-10].

В то же время в производственных условиях отношение к основному средству производства – почве – остается на прежнем уровне. Почвенное плодородие оценивается по продуктивности поля в среднем, что формирует искаженную картину состояния плодородия внутри поля. В результате получается неоднозначный агроэкономический эффект от выполнения технологического мероприятия. Точное земледелие в адаптивно ландшафтных системах является механизмом исполнения агрономических законов: единства организма и среды; совокупного действия факторов жизни растений; возврата элементов питания в почву; минимума, оптимума, максимума факторов жизни растений и др. Цель наших исследований – агроэкономическое обоснование выполнения технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур с использованием космических систем.

Объекты и методы. Исследования проводились в длительных стационарных опытах в подтаежной зоне, северной и южной лесостепи Западной Сибири с 1977 г. Климат этих агроклиматических зон континентальный, характеризуется продолжительной зимой и коротким умеренно-жарким летом. Беспрепятственное проникновение холодного арктического воздуха с севера и сухого из Казахстана обуславливает резкие изменения погоды и приводит к общей ее неустойчивости.

Годовое количество осадков составляет в подтаежной зоне 405, в северной лесостепи – 374, в южной лесостепи – 336 мм, из них соответственно 240, 232 и 213 выпадает за вегетационный период. Сумма температур выше $+5^{\circ}\text{C}$ колеблется в пределах $1850-2050^{\circ}$, а выше $+10^{\circ}\text{C}$ – $1800-1940^{\circ}$. Продолжительность периода с температурой выше 0°C составляет в подтаежной зоне 188, северной лесостепи 194, в южной – 197 дней. Устойчивый снежный покров устанавливается 11 ноября, а разрушается 10 апреля, максимальная высота его формируется в марте 31-27 см, с запасами воды в снеге 93 мм. Глубина промерзания почвы 113 см.

В настоящей статье исследуются экспериментальные материалы, полученные на черноземах, темно-серых и серых лес-

ных почвах. По данным Л. Н. Каретина [11], черноземы являются зональными почвами. В северной лесостепи они занимают 17,5% территории, в том числе под пашней 37,4%. Черноземные почвы области имеют мощность гумусового горизонта 30-35 см, содержание гумуса составляет 6-8%, общий запас его 400 т/га. Гранулометрический состав значительной части черноземных почв благоприятный – средние суглинки и глины 35%.

Анализ почвы показал, что они обладают высокими запасами питательных элементов для растений, которые находятся в труднодоступной форме и благоприятными водно-физическими свойствами. Пахотный слой имеет слабокислую реакцию среды – рН водной вытяжки 6,0, содержание общего азота в слое 0–30 см составляет 0,39-0,42%.

Темно-серые лесные почвы имеют гумусовый горизонт 26 см, структура комковато-пылеватая, по гранулометрическому составу – суглинистые, количество CaCO_3 в гумусовом горизонте находится в пределах 4,5-7,5%, содержание гумуса 6%.

Состояние почвенного плодородия и пути его регулирования проводились по общепринятым (гостированным) методикам в 12 севооборотах при различном уровне химизации и различных системах основной, предпосевной обработках почвы.

Результаты и обсуждения. На первом этапе разработки инновационных технологий был определен потенциал агроэкосистем. Он показал потенциальную продуктивность основных культур, возделываемых в Западной Сибири. Практически это означает, к чему товаропроизводитель должен стремиться, используя технологии нового поколения с учетом экономической и экологической целесообразности.

Фактором первого уровня, который определяет потенциальную продуктивность культур, является фотосинтетически активная радиация (ФАР) – часть солнечной энергии, которая может быть поглощена растениями. Для расчета потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур используется формула:

$$Y_{\text{биол}} = \frac{Q_{\text{фар}} * K_{\text{фар}}}{100g}, \text{ где}$$

$Y_{\text{биол}}$ – урожай биологический, ц/га;

$Q_{\text{ФАР}}$ – приход ФАР за период вегетации культуры, ГДж/га;

$K_{\text{ФАР}}$ – коэффициент использования ФАР, %;

g – калорийность единицы урожая, ГДж/ц.

Для примера потенциальная урожайность зерна яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири составляет 13,74 т/га.

В настоящее время аграрии Тюменской области ставят задачу получить среднюю урожайность зерновых 2,5 т/га, что составляет лишь 18,2% потенциальной продуктивности агроценоза.

При получении действительно возможной урожайности сельскохозяйственных культур в лесостепной зоне Западной Сибири лимитирующим фактором часто становится влагообеспеченность. В годы при хороших и равномерно выпадающих осадках, благоприятном температурном режиме в течение вегетационного периода после предшественников первой группы, когда ресурсы продуктивной влаги составляли 697 мм, а коэффициент водопотребления 8,5 мм/т, расчётная урожайность яровой пшеницы при чётком выполнении агротехнических мероприятий достигала 8,20 т/га.

В процессе управления продуктивностью важное значение имеет амплитуда изменчивости интенсивности и продолжительности воздействия на растение фактора внешней среды. В качестве основного критерия адаптивности агроэкоотипа принимается продуктивность. В условиях Западной Сибири лимитирующим фактором третьего уровня формирования высокой продуктивности агроценозов оказываются тепловые ресурсы. Они находятся в тесной взаимосвязи с радиационным и водным балансом агроландшафтов. Расчёты действительно возможного урожая яровой пшеницы по тепловым ресурсам в северной лесостепи при благоприятных биогидротермических условиях составляют 8,38 т/га.

Вторым этапом перехода на инновационные технологии является установление оптимальных параметров почвенного плодородия для получения максимально возможного экономически и экологически оправданного урожая сельскохозяйственных культур. На основании многолетних исследований разработана модель почвенного плодородия, которая обеспечивает

культурные растения наилучшими условиями для роста и развития. Так, наибольшая продуктивность яровой пшеницы 5,96 т/га получена при плотности сложения чернозёма выщелоченного 1,18-1,22 г/см³ в слое 0-30 см, содержании агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм в диаметре) – 65-70%, их водопрочности – 60-65%, содержании N-NO₃⁻ – 15-20 мг/кг почвы, P₂O₅, K₂O – 250-260 мг/кг, гумуса – 8-10%, содержании продуктивной влаги в период вегетации в метровом слое – 120-150 мм, или 74% от НВ; при рН пахотного слоя 6,2-6,8.

Применение метода математического моделирования позволило упорядочить получение данных результатов в области системы "почва–растение– космические факторы", наиболее глубоко и всесторонне исследовать зависимость продуктивности агроценозов от параметров почвенного плодородия. В модели представлена связь между факторами почвенного плодородия и урожайностью яровой пшеницы, которая выражена математически следующей функцией:

$$y = -2,59 + 0,47 x_1^{27,4} \exp(-3,2 x_1^4) x_2^{0,75} \exp(-0,005 x_2) x_3^{0,16} x_4^{0,07} x_5^{0,05} x_6^{0,06} + 1,48 \exp(-0,003 x_7) + 0,82 \exp(-0,01 x_8),$$

где y – урожайность яровой пшеницы, т/га;

x_1 – плотность почвы, г/см³; x_2 – запасы продуктивной влаги в метровом слое, мм; x_3 – водопрочная структура, %; x_4 – нитратный азот, мг/кг почвы; x_5 – подвижный фосфор, мг/кг почвы; x_6 – обменный калий, мг/кг почвы; x_7 – воздушно-сухая масса сорняков, г/м²; x_8 – корневые гнили, %; R^2 – коэффициент детерминации; S – среднеквадратическое отклонение модели.

По этой модели можно спрогнозировать получение урожайности яровой пшеницы в зависимости от состояния посевов (засорённость, поражённость корневыми гнилями), почвенного плодородия, а также интервалы повышения или снижения урожайности в зависимости от изменений значений факторов плодородия чернозёма выщелоченного [12]. Так, наибольшая урожайность яровой пшеницы 5,87 т/га достигается при минимальном количестве сорных растений и корневых гнилей, при максимальном содержании в почве водопрочных агрегатов (75%),

нитратного азота (20 мг/кг), подвижного фосфора (250 мг/кг) и обменного калия (260 мг/кг), а также, когда плотность почвы и запасы продуктивной влаги соответственно равны 1,21 г/см³ и 150 мм, что соответствует их оптимальному сочетанию (рис. 1).

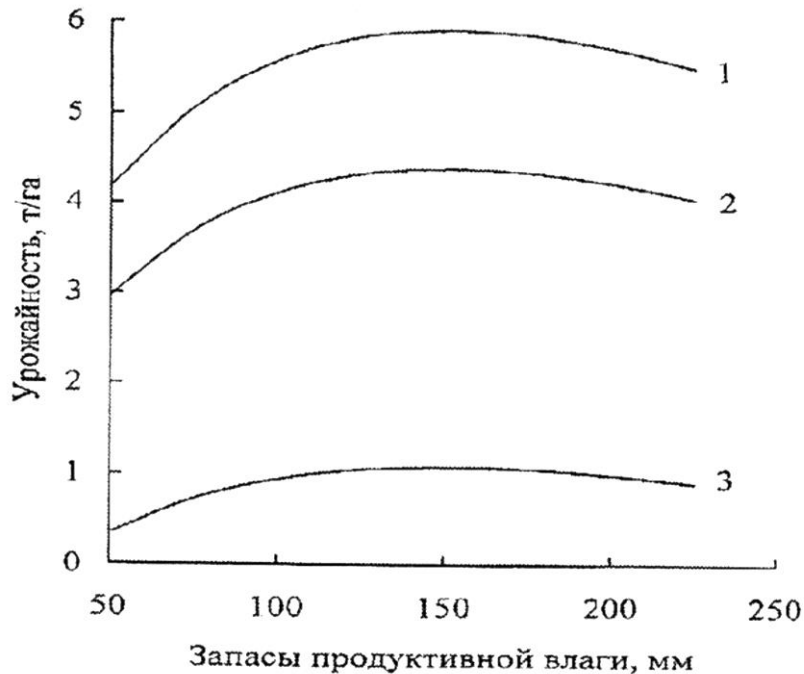


Рис. 1. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от запасов продуктивной влаги, при:

- 1 – оптимальных значениях факторов плодородия;
- 2 – значениях факторов, имеющих наибольшую частоту повторений; 3 – значениях факторов, в которых урожайность яровой пшеницы наименьшая

Регулирование почвенного плодородия обеспечивают научно обоснованная система севооборотов и обработка почвы на фоне органо-минеральной системы удобрений. Нами предложена экономико-математическая оптимизация структуры посевных площадей, которая обеспечивает максимально возможную экономически и экологически оправданную урожайность сельскохозяйственных культур при условии сохранения плодородия почвы [13].

$$Z = \sum_{i \in N_1} \sum_{k \in N_2} b_{jik} x_{ik} \rightarrow \max,$$

где N – возделываемые культуры,

N_2 – севообороты и их звенья,

b_{jik} – выход продукции, j -го вида с единицы площади, i -ой культуры, k -го севооборота или звена.

Большая информационная база космических и земных факторов продуцирования агроценозов положена в основу оптимизации производственных процессов точного земледелия. Геоинформационные системы дают возможность управлять продуцированием агроэкосистем уже не в среднем по региону, зонам и даже полям, а по внутривольным элементарным участкам.

Однако, для практического использования геоинформационных систем в технологических операциях возделывания культур также требуется определенная последовательность. Первоочередной задачей является разработка методики создания электронных планов полей хозяйств, поскольку в ранее созданных картах по ряду причин наблюдаются различия в их площадях, конфигурации и сосредоточенности внутривольных объектов, в том числе и лесных массивов в границах каждого поля. В результате хозяйства вынуждены обновлять и формировать собственные планы полей. Наиболее точным, но и трудоемким методом решения поставленной задачи считается комбинированный, который заключается в формировании треков географической координатной привязки границы каждого отдельного поля при объезде с бортовым навигационным комплексом и регистрации их на космическом снимке данной местности с помощью геодезической программы. Практика показала, что на примере второго отделения Учебно-опытного хозяйства нашего университета разница в меньшую сторону по площадям полей составила 100,6 га из 1340,7 га, заявленных по старой карте. Наибольшее совпадение по площади на одном поле из 29 проанализированных отмечено с разницей в 0,3 га, а наименьшее – в 14,8 га. Имея в хозяйствах обновленные планы полей в электронном виде, можно составлять севообороты, проектировать цифровую модель рельефа полей на электронных носителях, вести книги истории полей, карты засоренности, разрабатывать системы обработки почвы, более точно выполнять расчеты посевного материала, ГСМ, средств химизации и др.

Во вторую задачу входило создание методики мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. На основе разработанных электронных планов полей в геодезической программе или в программе Google Планета Земля каждое поле размечается на элементарные участки в среднем площадью по 20 га, которые загружаются в БНК "Агронавигатор". Далее на мобильном комплексе с помощью пробоотборника почвы (собственного производства), руководствуясь картосхемой в агронавигаторе, отбираются с каждого элементарного участка по 15-20 проб почвы в слое 0- 40 см, которые смешиваются в объединенный образец.

Данные агрохимического обследования почвы дают возможность дифференцированного внесения удобрений по элементарным участкам в режиме off-line с использованием спутниковых навигационных систем. Эффективность этой технологии внесения азотных удобрений при посеве яровой пшеницы возросла на полях при варьировании содержания $N-N_2O_3$ в почве от слабой до высокой обеспеченности культурных растений и пространственной неоднородности от 16,3 до 36%. При подкормке озимых культур, многолетних трав можно использовать программное обеспечение бортового навигационного компьютера (БНК) для выполнения дополнительных функций. Одновременно здесь решается технологически параллельное вождение агрегата, дифференцированное внесение удобрений по элементарным участкам и автоматическое регулирование нормы внесения удобрений независимо от скорости движения агрегата.

Аналогичные функции выполняются при работе опрыскивателей при защите растений. Программное и техническое решение здесь дополнительно дает еще возможность отключать форсунки опрыскивателя в перекрытиях. Вызывает интерес у товаропроизводителей использование спутниковых навигационных систем при картировании полей по урожайности, контроль за качеством посева, расходом топлива и др.

Элементы точного земледелия обеспечивают рациональное использование естественного плодородия почвы и средств химизации при планировании урожайности 3-4 т/га. Параллельное движение агрегата по полю снижает затраты на 10 тыс. га:

по семенам – на 780 тыс. руб., по удобрениям – на 736 тыс. руб., по топливу – на 91 тыс. руб.

Наибольший успех применения инновационных технологий, когда они применяются в комплексе. В Тюменской области элементы точного земледелия применяются в 34% хозяйств, но они носят фрагментарный характер. Наибольшую системность приобрели технологии с использованием космических систем в Учхозе ГАУ Северного Зауралья на площади 3454 га, ОАО "Приозёрное" Ялуторовского района на площади 2671 га и в Свердловской области СПК "Калининский" на площади 7455 га.

Таблица 1

Показатели эффективности работы посевного комплекса "Хорш" с навигатором

Показатели	Без навигатора		С навигатором		Разность		Эффективность, руб.	
	на 1 га	на 10000 га	на 1 га	на 10000 га	на 1 га	на 10000 га	на 1 га	на 10000 га
площадь пересева	778,4 м ²	780 га	227,3 м ²	230 га	551,1 м ²	550 га	-	-
перерасход семян	19 кг	190 т	6 кг	60 т	13 кг	130 т	780	780000
перерасход удобрений	12 кг	120 т	4 кг	40 т	8 кг	80 т	74,4	736000
перерасход топлива	0,546 л	5460 л	0,161 л	1610 л	0,385 л	3850 л	9,163	91630

Использование спутниковой навигационной системы, начиная с оцифровки полей и при выполнении технологических операций, позволило динамично в течение 4-х лет увеличить продуктивность пашни. Так, за 4 года в Учхозе ГАУ Северного Зауралья урожайность зерновых увеличилась с 30,5 до 37,8 ц/га, ОАО "Приозёрное" – с 28,0 до 39,0 ц/га. При этом рентабель-

ность производства зерна увеличилась на 15 и 24%, а себестоимость 1 ц зерна снизилась на 118 и 140 рублей соответственно.

Таблица 2

**Урожайность зерновых и рентабельность
в хозяйствах при использовании инновационных
технологий возделывания**

Хозяйство	Показатели	2014	2015	2016	2017
Учхоз ГАУ Северного Зауралья	урожайность, ц/га	30,5	34,2	31,9	37,8
	себестоимость, руб./ц	685	659	595	567
	рентабельность, %	71	127	74	86
ОАО "При- озёрное"	урожайность, ц/га	28	30	30	39
	себестоимость, руб./ц	679	698	583	539
	рентабельность, %	0	9	8	24

Таким образом, геоинформационные системы носят базисный характер для перехода на инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур с использованием космических систем. Элементы ТЗ обеспечивают рациональное использование естественного плодородия почвы и средств химизации при планировании урожайности зерновых 3-4 т/га.

Движение агрегата по полю с использованием навигационного оборудования снижает затраты (в пересчете на 100 га): на семена – на 1200,2 тыс. руб.; на удобрения – на 756 тыс. руб.; на топливо – на 71,4 тыс. руб.

Применение разработанного способа дифференцированного внесения минеральных удобрений в режиме off-line в зависимости от содержания элементов питания по элементарным участкам снижает нормы внесения относительно традиционного способа на 14-56% и обеспечивает экономию 3,72- 3,96 млн. руб. на 10000 га.

Прецизионное земледелие устраняет негативный эффект самоугнетения растений на стыках прохода посевных агрегатов, обеспечивает однородность элементов структуры урожая, одновременность развития растений и созревания урожая.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия. СПб., 2007. 382 с.
2. Михайленко И.М. Управление системами точного земледелия. СПб., 2005. 233 с.
3. Афанасьев Р.А. Агрехимические принципы точного земледелия. Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве. Оренбург, 2013. С. 3-7.
4. Абрамов Н.В. Производительность агроэкосистем и состояние плодородия почв в условиях Западной Сибири. Тюмень, 2013. 270 с.
5. Bahr C., Kaufmann, O., Scheibe K. Sensor based analysis and modeling of moving and resting behaviour in suckler cows before, during and after calving. Tagungsband, 3rd European Conference on Precision Livestock Farming, SKiathos, Greece, 2007, 269: Wageningen, Nederland, Wageningen Academic Publishers.
6. Bontsema J., Van Asselt K., Groot T. Intra-row weed control. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 31, 2002, 64... 72.
7. Dammer K.-H., Wartenberg G. Sensor- based weed detection and application of variable herbicides rates in real time. Crop Protection, 26, 2007, 270... 277.
8. Demmel M. Automatische Spurführung von Landmaschinen- Systeme, Einsatzbereiche, Wirtschaftlichkeit. Tagungsband der Landtechnischen Jahrestagung am 23. November 2006 in Deggendorf. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Lanawirtschaftliche Schriftenreihe 21, 2006, 19... 30/
9. Ehlert D., Hammen V., Adamek R. On-line sensor pendulum pendulum-meter for determination of plant mass. Precision Agriculture, 4, 2003, 139... 148.
10. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Шерстобитов С.В. Земледелие с использованием космических систем // Земледелие. №5. 2012. С. 12-19.
11. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, 1990. 286 с.
12. Abramov N.V., Salova E.V. The optimum parameters determining the fertility of leached chernozem in the northern part of the forest-steppe zone in west Siberia/ Eurasian soil science. 1998. №10. С. 1131-1136.
13. Абрамов Н.В., Селюкова Г.П. Оптимизация структуры посевных площадей на биоэнергетической основе. Екатеринбург: УрГСХА, 2001. 144 с.

Л.В. БУДАЖАПОВ, д-р биол. наук, профессор
ФГБНУ Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ

**Д.Н. ПРЯНИШНИКОВ И АЗОТНЫЙ СТАТУС ПОЧВ:
СТАТИСТИКИ И КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ
АЗОТНОГО ФОНДА ПОЧВЫ**

В научном наследии Д.Н. Прянишникова проблема азота в целом и поддержание азотного фонда почв и эффективности различных форм азотных удобрений, в частности, всегда занимали центральное место [1]. В этом смысле почвы Забайкалья не являются исключением и служат индикатором позитивного отклика на внесение азотных туков и маркером изменений азотного фонда и продуктивности почв. Развернутая панорама последних представлена в целой серии исследований, в т.ч. с ^{15}N , от каштановых и серых лесных до мерзлотных почв криолитозоны [2-5]. При высокой результативности работ ряд позиций в этом информационном массиве остается дискуссионным и требует детализации и уточнений, а в отдельных случаях – корректировки в аспекте современной мотивации к оценке применения азотных удобрений с учетом ассортимента, химических свойств и подвижности в почвах с разным исходным азотным состоянием [5-9].

В этой связи мотивация и результативность исследований, выстроенная на классических и перспективных методиках оценки с использованием методов изотопной индикации (^{15}N) в сочетании со статистическим и кинетическим анализом, представляется наиболее достоверной к тренду известных закономерностей [2, 13-15, 18]. В конечном итоге это позволяет качественно расширить накопленный массив экспериментального материала и на этой основе корректировать и совершенствовать пласт исследований в этих оценках.

Ранее проведенные исследования базировались на данных с применением традиционных легкорастворимых азотных удобрений при разовом и трехлетнем, реже систематическом и длительном внесении [3-7, 14]. При этом оценка медленнорастворимых удобрений с пролонгированным высвобождением

азота в почве, за редким исключением [6, 14], оставалась вне этих оценок, значимость которых в поддержании азотного фонда почв не вызывает сомнений. Отсюда актуальность индикации изменения азотного фонда почв под влиянием азотных удобрений с разным характером высвобождения азота по причине отличной их подвижности по причине химической структуры с привлечением методов изотопной индикации и моделирования представляется одной из приоритетных оценок [10-13].

Цель исследований – выявить различия в отклике азотного фонда почвы и зерновых культур на внесение легко- и медленнорастворимых форм азотных удобрений с различным характером высвобождения азота в почве с применением изотопной индикации, вариационной статистики и моделирования.

Объекты и методы. Результаты исследований получены в микрополевоом опыте в сосудах без дна (30 x 30 x 40 см) на серой лесной почве с применением меченой ^{15}N соли мочевиноформальдегидного удобрения (Nmфу) с исходным обогащением 58,5-97,2 ат. % ^{15}N при содержании общего азота 38-42% с усвояемостью 52%, которую вносили ежегодно весной перед посевом яровых зерновых культур в период 1996-2005 гг. В качестве сравнения ежегодно весной вносили легкорастворимые меченые ^{15}N азотные удобрения в виде сульфата аммония (Na) и натриевой селитры (Nc) с исходным обогащением 28,5-78,8 ат. % ^{15}N , которые имели стандартные характеристики. По плодородию исходная почва характеризовалась близкой к нейтральной реакцией среды, низким содержанием общего и нитратного азота, средней обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием при содержании гумуса $1,92 \pm 0,04\%$. Почвенные образцы отбирали перед закладкой опыта весной после внесения меченых ^{15}N удобрений в динамике и осенью после уборки урожая. Учет урожая проводили при полной спелости растений. Методика закладки опыта, проведения наблюдений и оценка изотопного состава азота ^{15}N общепринятая [14]. Статистический и кинетический анализ, построение математических моделей – по стандартным методикам согласно программе Excel. Скоростные изменения азотного фонда почвы и иммобилизации азота ^{15}N удобрений в почве представлены константой (k) скорости по экспоненциальной функции. Теория, характер и

интерпретация статистиков и кинетических параметров согласно биокинетической концепции [1, 2, 11, 13].

Результаты и обсуждение. Достоверное увеличение общего азота в почве наблюдалось при систематическом внесении азотных удобрений, содержание которого во всех вариантах оценки было значимо выше контроля (без удобрений), особенно при внесении мочевиноформальдегидного удобрения, и в среднем составило $0,116 \pm 0,06\%$, достигая в диапазоне верхней границы доверительных величин $0,127\%$ при высокой устойчивости значений (табл. 1).

В ряду азотных удобрений наименьший эффект в увеличении общего азота в почве от систематического применения выявлен по натриевой селитре ($N-NO_3^-$), содержание которого в среднем составило $0,104 \pm 0,02\%$ с узким диапазоном доверительных величин и не более $0,108\%$ (табл. 1).

Таблица 1

Статистика изменения общего азота в почве при систематическом внесении аммиачной, нитратной и медленнодействующей формы удобрений, %

Вариант опыта		Статистические показатели, 0-20 см (n = 16)				
		$M \pm m$	lim	σ	$M \pm tm$	V, %
1	без удобрений	$0,098 \pm 0,01$	0,094-0,100	0,001	0,095-0,099	10,2
2	PK + N - NH_4^+	$0,111 \pm 0,03$	0,104-0,117	0,003	0,106-0,116	2,7
3	PK + N - NO_3^-	$0,104 \pm 0,02$	0,101-0,109	0,002	0,103-0,108	1,9
4	PK + N - НМФУ	$0,116 \pm 0,06$	0,106-0,129	0,007	0,108-0,127	6,0

НСР₀₅ 0,004

Среди легкорастворимых удобрений более значимый отклик на увеличение общего азота в почве выявлен при ежегодном поступлении азота аммиачной формы удобрения ($N-NH_4^+$), содержание которого достоверно выше варианта с нитратной формой ($N-NO_3^-$) и в среднем составило $0,111 \pm 0,03\%$ с более высокой верхней границей доверительного интервала – $0,116\%$ (табл. 1).

В этой панораме статистических оценок значимое увеличение общего азота в почве под влиянием систематического внесения мочевиноформальдегидного азотного удобрения (N - Nмфу) обеспечивалось пролонгированным характером высвобождения азота в почве с широким диапазоном лимитов и доверительных границ в отличие от традиционных быстрорастворимых форм (N -NH₄⁺, N -NO₃⁻) азота удобрений. Схожие оценки ранее получены в европейской части России в длительном опыте ЦОС ВИУА [6] и результатах зарубежных авторов [8, 15-17]. Как следствие, отклик азотного фонда изучаемой почвы на поступление азота аммиачных и нитратных форм удобрений оказался менее позитивным в отличие от случая с длительным высвобождением азота в почве. Схожая направленность результатов выявлена в исследованиях европейской части России [6, 14] и Западной Сибири [5].

Заключения позитивного влияния пролонгированного высвобождения азота медленнодействующей формы в сравнении с легкорастворимыми формами удобрений на изменение общего азота в почве подтвердились различиями в скоростных их характеристиках (табл. 2).

Таблица 2

**Кинетические параметры изменения общего азота
в почве, 0-20 см**

Вариант опыта		Характер изменений	Модель изменений	к, в сутки
1	без удобрений	линейный, $y = a + bt$	$y = 0,097 + 0,0002 t$	-
2	РК + N - NH ₄ ⁺	экспоненциальный $y = a e^{k t}$	$y = 0,106 e^{0,026 t}$	k = 0,026
3	РК + N - NO ₃ ⁻		$y = 0,102 e^{0,034 t}$	k = 0,034
4	РК + N - Nмфу		$y = 0,104 e^{0,010 t}$	k = 0,010

Примечание. t – время, сутки; e – иррациональное число;
k – константа скорости

При ежегодном внесении медленнодействующей формы азота (N -Nмфу) константа скорости (k) достоверного изменения общего азота в почве была в два-три раза ниже в отличие от легкорастворимых форм азота (N - NH₄⁺ и N - NO₃⁻) и составила

$k = 0,010$ в сутки (табл. 2). При этом наибольшие кинетические значения выявлены в случае с внесением $N - NO_3^-$ - $k = 0,034$ в сутки. Последнее подтверждает известную высокую лабильность $N - NO_3^-$ в цикле внутрипочвенной трансформации азота в системе почва – удобрение – растение [2-5]. В отличие от этих характеристик, на контроле (без удобрений) характер этих изменений аппроксимировался линейной зависимостью, отражая стабильное и устойчивое состояние азотного фонда почвы (табл. 2). Отсюда поступление азота удобрений провоцирует изменение энергетического статуса системы и приводит к возбуждению процессов, в т.ч. азотного фонда почвы [1, 2, 8-10, 17]. В результате характер этих изменений подчинялся функции экспоненты с различными кинетическими константами (k , в сутки), ранжирование которых возрастало в ряду изучаемых форм азота: $N_{мфу}$ ($k = 0.010$) \rightarrow N_a ($k = 0,026$) \rightarrow N_c ($k = 0,034$). Как следствие, пролонгированный характер высвобождения $N - N_{мфу}$ с минимальными скоростными параметрами, в отличие от традиционных легкорастворимых форм удобрений ($N - NH_4^+$, $N - NO_3^-$), обеспечивал достоверное увеличение общего азота в почве (табл. 1).

В цикле превращений азота удобрений иммобилизованный пул азота в почвах служит ближайшим резервом пополнения азотного фонда почв, азотного питания и барьером снижения негативных издержек их применения [5, 7, 14].

По результатам оценки изотопного состава азота ^{15}N выявлены статистики закрепления азота ^{15}N удобрений почвенной микрофлорой, которые в отличие от легкорастворимых форм азота ^{15}N удобрений оказались наибольшими при ежегодном внесении медленнодействующей формы азота ($N - ^{15}N_{мфу}$) и в среднем составили $230,5 \pm 40,3$ мг с высокой вариабельностью, достигая в диапазоне доверительных границ максимума – $309,7$ мг (табл. 3).

Формирование и накопление иммобилизованного потока азота в почве под аммиачной ($N - ^{15}NH_4^+$) и нитратной ($N - ^{15}NO_3^-$) формой удобрений было в 1,5-2 раза ниже, чем под мочевиноформальдегидным удобрением ($N - ^{15}N_{мфу}$) и в среднем составило $123,8 \pm 22,1$ и $86,6 \pm 12,6$ мг соответственно с высокой вариабельностью и меньшей дисперсией (табл. 3).

Статистика накопления иммобилизованного азота ^{15}N в почве, мг

Вариант опыта		Статистические показатели, 0-20 см (n = 8)				
		$M \pm m$	LM	Σ	$M \pm TM$	V, %
1	PK + N - $^{15}\text{NH}_4$	123,8±22,1	70,4-221,2	54,2	74,9-188,4	43,7
2	PK + N - $^{15}\text{NO}_3$	86,6±12,6	46,1-162,7	30,8	51,8-120,4	35,5
3	PK + N - $^{15}\text{NMFY}$	230,5±40,3	92,9-358,2	98,7	105,1-309,7	42,8

НСР₀₅

27,8

В этом проявлении оценок возможности азота легкорастворимых форм удобрений достоверно уступали медленнорастворимой форме, отражая низкий потенциал пополнения азотного фонда почвы из традиционных туков. Подобные результаты с различиями иммобилизации азота ^{15}N удобрений в линейке этих форм азотных удобрений в системе почва – удобрение – растение ранее установлены в целой серии исследований с ^{15}N [2, 4-7, 10, 14, 16].

Выявленные различия в содержании иммобилизованного азота ^{15}N удобрений в почве по формам удобрений (табл. 3) проявились и в скоростных параметрах этого процесса, которые оказались также различными и имели специфические характеристики. Наиболее высокие кинетические параметры (k) проявились по азоту медленнодействующей формы удобрения (N - $^{15}\text{NMFY}$), где константа (k) скорости накопления иммобилизованного азота ^{15}N удобрений оказалась выше в сравнении с легкорастворимыми формами и достигала $k = 0,413$ в час (табл. 4).

Достигнутая панорама скоростных оценок накопления иммобилизованного азота ^{15}N удобрений в почве дает основание для ранжирования разных форм по критерию разной их подвижности по скоростным константам - k (табл. 4).

Ранжированный ряд в этом построении возрастал в ряду форм азота удобрений в виде: N - $^{15}\text{NO}_3^-$ (k = 0,348 в сутки) → N - $^{15}\text{NH}_4^+$ (k = 0,367 в сутки) → N - $^{15}\text{NMFY}$ (k = 0,413 в сутки) и имел обратно пропорциональный порядок ранжирования в константах скорости изменения общего азота в почве (табл. 2). Отсюда пролонгированный характер высвобождения азота из медленнодействующей формы удобрения с низкими скоростными

параметрами обеспечивал существенное увеличение общего (нативного) почвенного азота в сравнении с традиционными формами, а более высокая кинетика накопления иммобилизованного азота удобрений из медленнодействующей формы обеспечивала значимо высокое его пополнение.

Таблица 4

Кинетика накопления иммобилизованного азота ^{15}N удобрений

Вариант опыта		Характер модели	Модель накопления	К, В ЧАС
1	PK + N - $^{15}\text{NH}_4^+$	экспоненциальный $y = A e^{kt}$	$y = 52,7 e^{0,367 t}$	К = 0,367
2	PK + N - $^{15}\text{NO}_3^-$		$y = 41,9 e^{0,348 t}$	К = 0,348
3	PK + N - $^{15}\text{NMФУ}$		$y = 80,4 e^{0,413 t}$	К = 0,413

Примечание. t – время, час; e – иррациональное число; k – константа скорости

Отсюда характер изменения и пополнения азотного фонда этой почвы под влиянием различных по подвижности форм азотных удобрений имеет схожий характер и направленность с наибольшим эффектом по медленнодействующей форме в сравнении с традиционными легкорастворимыми формами удобрений. Последнее подтверждает известные данные позитивного влияния МФУ на пополнение азотного фонда почв [6,14,18].

На фоне положительного отклика азотного фонда почвы на внесение МФУ в сравнении с легкорастворимыми формами статистика урожая яровых зерновых культур складывалась не столь однозначно, отражая в этом проявлении комбинацию воздействий целого ряда изучаемых на результативный признак – урожай культур (табл. 5).

Независимо от формы азотного удобрения, метеоусловий вегетационного периода и обеспеченности почвы подвижными формами азота их внесение повсеместно обеспечивало значимое увеличение урожая зерновых культур (табл. 5).

Таблица 5

**Статистика урожая яровых зерновых культур
при внесении азота аммиачной, нитратной
и медленнодействующей формы удобрения**

Параметры оценки		Показатели оценки по вариантам опыта, г/сосуд (n = 12)			
		без удобрений	PK + Na	PK + Nc	PK + Nmфу
яр. пшеница	M ± m	43,0±3,2	119,3±9,4	120,8±8,3	112,8±7,3
	lim	31,2-64,5	87,0-161,0	86,0-147,0	86,0-147,0
	σ	11,2	32,6	28,8	25,3
	M ± tm	35,9-50,0	98,6-139,9	102,5-139,1	96,7-128,9
	V, %	26,0	27,3	23,8	22,4
ячмень	M ± m	73,1±4,1	123,3±7,1	145,0±3,3	135,3±4,6
	lim	56,1-90,2	101,0-155,0	128,0-152,0	121,0-157,0
	σ	14,1	24,6	11,4	15,8
	M ± tm	64,1-82,1	107,7-138,9	137,7-152,3	125,2-145,4
	V, %	19,3	19,9	7,9	11,6
овес	M ± m	84,1±4,6	147,0±9,2	140,0±9,5	124,3±7,9
	lim	69,4-108,5	101,0-170,0	93,0-168,0	93,0-158,0
	σ	16,0	31,9	33,0	27,5
	M ± tm	73,9-94,2	126,8-167,2	119,1-160,9	106,9-141,7
	V, %	19,1	21,7	23,5	22,2

НСР₀₅ яр. пшеница – 15,2; ячмень – 19,2; овес – 14,3

При этом доказанные различия при внесении медленнодействующей и традиционных легкорастворимых форм удобрений отсутствовали. Различия проявились лишь в диапазоне предельных (lim) и доверительных (M ± tm) величин при общей для всех форм небольшой величине варьирования. Отсюда эффективность удобрения с медленным высвобождением азота по своему проявлению на урожай не уступала традиционным легкорастворимым формам азотных удобрений при более высокой значимости в поддержании азотного фонда почвы и обеспечения азотного питания растений.

Заключение. По результатам многолетних исследований в условиях микрополевого опыта представлена развернутая статистическая панорама изменения азотного фонда серой лесной почвы под влиянием систематического внесения азота аммиач-

ной (N -Na), нитратной (N -Nc) и медленнодействующей (N -Nmфу) форм удобрений с различиями в кинетике этого проявления, а равно в скорости формирования иммобилизационного пула азота в почве под их воздействием вкупе со статистиками урожая зерновых культур как результирующая функция изменения азотного фонда почвы. Установлено достоверное увеличение общего азота в почве при внесении удобрения с пролонгированным высвобождением азота по сравнению с легкорастворимыми формами. Различия в отклике азотного фонда почвы на отличный характер высвобождения азота в почве из удобрений проявились в кинетике, характеристики которой возрастали от медленнодействующей формы к быстрорастворимой: Nmфу ($k = 0,010$ в сутки) \rightarrow Na ($k = 0,026$ в сутки) \rightarrow Nc ($k = 0,034$ в сутки). Схожее ранжирование выявлено по количественным и скоростным параметрам иммобилизации азота удобрения медленнодействующей формы, показатели которых значимо превышали аналогичные по размерам иммобилизации азота в почве и кинетическим характеристикам этого процесса. При этом медленнодействующая форма азотного удобрения по эффективности не уступала влиянию на урожай традиционным легкорастворимым формам на фоне более позитивного воздействия на состояние азотного фонда почвы.

Результативность этих оценок позволяет углубить реперные подходы и детализировать предположения Д.Н. Прянишникова (1935) по значимости «химификации» для земледелия страны в целом и для регионов – особенно в плане увеличения продуктивности пашни и почвенного плодородия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прянишников Д.Н. Общие вопросы земледелия и химизации // Избранные произведения: в 3 томах. Т. 3. М.: Колос, 1965. 639 с.
2. Будажапов Л.В. Биокинетический цикл азота в системе почва – удобрение – растение в условиях Забайкалья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: ВНИИА, 2009. 39 с.
3. Будажапов Л.В. Кинетические характеристики цикла преобразований азотного удобрения в системе «почва – растение»: опыт, гипотеза и концепция // Вестник БГУ. Улан-Удэ, 2016. № 1. С. 29-32.
4. Budazhapov L.V. Biokinetic conception of nitrogen transformation in harsh climates of cryogenic soils of Central Asia. Biosciences Biotechnology Research Asia. Vol. 12 (1), 2015. P. 287-293.

5. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 266 с.
6. Кореньков Д.А. Агрохимия азотных удобрений. М.: Наука, 1976. 210 с.
7. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 216 с.
8. Murphy B.W. Soil organic matter and soil function – review of the literature and underlying data. Department of the Environment. Canberra. Australia. 2014. 155 p.
9. Giessler D., Horwath W.R., Joergensen R.G., Ludwig B. Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms -A review // Soil Biol. Biochem. 2010. V.42. P. 2058-2067.
10. Jenkinson D.S., Poulton P.R., Johnston A.E., Powlson D.S. Turnover of nitrogen -15-labelled fertilizer in old grassland // Soil Sci. Soc. Am. J. 2004. V.68. P. 865-875.
11. Kleber M., Nico P.S., Plante A. et al. Old and stable soil organic matter is not necessarily chemically recalcitrant: implications for modelling concepts and temperature sensitivity // Global Change Biolog. 2010. (doi:10.1111./j.1365-2486.2010.02278).
12. Когут В.М., Семенов В.М. Theoretical concepts about organic matter, humus, humic substances in soils and their adequate experimental determination // Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems. V Intern. Symp. Saint Petersburg: VVM Publishing Ltd., 2014. P.105-106.
13. Petersen B.M., Jensen L.S., Hansen S. et al. CN - SIM: a model for the turnover of soil organic matter. II. Short-term carbon and nitrogen development//Soil Biol.Biochem.2005. V.37. P.375-393.
14. Смирнов П.М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с ^{15}N). М.: ТСХА, 1982. 74 с.
15. Hayes M.H.B. Solvent systems for the isolation components from soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 2006. V.70. P.986-994.
16. Mahieu N., Oik D.S., Randal E.W. Accumulation of heterocyclic nitrogen in humified organic matter: A ^{15}N -NMR study of lowland rice soils // European J. Soil Sci. 2000.V.51. P. 379-389.
17. Schnitzer M., McArthur D.F.E., Schulten H.- R. et al. Long - term cultivation effects on the quantity and quality of organic matter in selected Canadian prairie soils // Geoderma. 2006. V.130. P. 141-156.
18. Семенов В.М., Когут В.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.

В.М. КОСОЛАПОВ, академик РАН, д-р с.-х. наук,
И.А. ТРОФИМОВ, д-р геогр. наук,
Л.С. ТРОФИМОВА, канд. с.-х. наук
Е.П. ЯКОВЛЕВА, ст. науч. сотр.
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», г. Лобня

КОРМОПРОИЗВОДСТВО В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И СОХРАНЕНИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Важнейшей задачей нашего государства является обеспечение продовольственной и экологической безопасности России. Обеспечение населения страны качественными продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем отечественного производства в достаточном объеме было и остается важнейшей задачей агропромышленного комплекса. В ее решении важнейшее место занимает кормопроизводство. Кормопроизводство является самой масштабной, экономически значимой, многофункциональной отраслью сельского хозяйства России. Оно тесно связано с устойчивостью и продуктивным долголетием агроландшафтов, продуктивностью растениеводства, поголовьем скота, плодородием почв, развитием сельских территорий [1, 2, 4].

Кормопроизводство является важнейшей отраслью не только растениеводства, но и важнейшей отраслью животноводства и земледелия. Кормопроизводство определяет состояние животноводства и оказывает существенное влияние на решение ключевых проблем дальнейшего развития всей отрасли растениеводства, земледелия, рационального природопользования, повышения устойчивости агроэкосистем и агроландшафтов к воздействию климата и негативных процессов, сохранения ценных сельскохозяйственных угодий и воспроизводства плодородия почв, улучшения экологического состояния территории и охраны окружающей среды [3, 5].

В целях кормопроизводства используется более половины из 78 млн га посевных площадей и 70 млн га кормовых угодий.

В себестоимости молока корма занимают 54%, в себестоимости производства свинины – 60%, мяса птицы – свыше 70%.

Объекты изучения кормопроизводства: кормовые агроэкосистемы, природные кормовые угодья, сеяные пастбища и сенокосы, многолетние травы и однолетние кормовые культуры на пашне играют продукционную, а также не менее значимую почвоулучшающую, средообразующую роль.

Основные функции кормовых агроэкосистем, природных кормовых угодий, сеяных пастбищ и сенокосов, многолетних трав и однолетних кормовых культур на пашне [6, 7] заключаются в следующем: производство разнообразных кормов для животных, повышение устойчивости агроэкосистем к непредсказуемым изменениям климата и воздействию негативных процессов, повышение плодородия почв (за счёт растительной биомассы, биологической азотфиксации, улучшения структуры, снижения кислотности и предотвращения эрозии), нормализации водного и воздушного режима агроэкосистем, положительного влияния фитосанитарной обстановки и оздоровления окружающей среды.

Вся история развития научной и производственной сферы кормопроизводства России тесно связана с деятельностью научных школ, сформированных и развивающихся на базе Всероссийского научно-исследовательского института кормов имени В.Р. Вильямса, первоначально созданного по инициативе В.Р. Вильямса в 1922 г. как Государственный луговой институт [1]. Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, до 2018 г. – Всероссийский (бывший Всесоюзный) научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса, является главным, консолидирующим, координирующим научно-методическим и исследовательским учреждением по кормопроизводству в России.

Наша главная цель – разработка теоретических и методологических основ кормопроизводства, концепций, программ, методологий, методик, сортов, технологий, стандартов. Наше главное богатство – выдающиеся ученые, продолжатели научных школ селекции и семеноводства кормовых культур, геоботаники и луговедения, полевого кормопроизводства, заготовки, хранения и использования кормов. Они основаны на фундамен-

тальных работах наших великих предшественников. Принципиальными особенностями школы кормопроизводства института является изучение многолетних трав и растительности во взаимосвязи со средой и оценка их в кормовом отношении.

Научные исследования по кормопроизводству в Федеральном научном центре кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса сосредоточены на основных путях устойчивого производства кормов в России: 1) луговое кормопроизводство; 2) полевое кормопроизводство; 3) технологии заготовки, хранения и использования кормов; 4) селекция и семеноводство кормовых культур. На каждом из этих направлений в структуре института сформировались и активно работают научные школы отечественного кормопроизводства. Для них характерны наличие научных лидеров и высококвалифицированных научных кадров, надежных методологий и методик исследований, целостные системы научных знаний и организованные системы подготовки научных кадров. Именно здесь был заложен фундамент отечественной науки по кормопроизводству, положено начало теоретическим, технологическим и методическим разработкам по всем разделам кормопроизводства в различных зонах страны.

На протяжении всей своей истории Центр осуществляет научно-методическое руководство и координацию работ по геоботаническому изучению и оценке природных кормовых угодий страны, луговому и полевому кормопроизводству, селекции и семеноводству кормовых культур, технологии заготовки, хранения и использования кормов, которые являются важнейшими государственными задачами обеспечения продовольственной, экологической, социальной и экономической безопасности страны.

Научные и практические достижения Центра 7 раз были отмечены Государственными премиями СССР и Российской Федерации в области науки и техники. В 1974 г. в Институте проведен Международный конгресс по луговодству с участием 1100 ученых из 40 стран. В институте работали такие известные ученые как В.Р. Вильямс, А.М. Дмитриев, Л.Г. Раменский, И.В. Ларин, С.П. Смелов, Т.А. Работнов, А.А. Зубрилин, П.И. Лисицын и многие другие.

Исследования Центра направлены на раскрытие законов Природы, использования воспроизводимых ресурсов – энергии Солнца, плодородия почв, фотосинтеза трав, атмосферной фиксации биологического азота клубеньковыми бактериями бобовых растений и др.

Прорыв в сельском хозяйстве связан с восстановлением его сбалансированности и гармонизации с Природой. Сельское хозяйство должно развиваться только в гармонизированном взаимодействии с Природой. Ученым необходимо занять активную позицию и в результате междисциплинарной интеграции совершить прорыв, принять участие в решении крупнейшей проблемы, основного вызова для общества, государства и науки – деградации природной среды, кризиса агроландшафтов, снижения плодородия почв России [8-11].

Прорыв в земледелии – это его перевод на ландшафтно-экологическую основу, чтобы оно исходило из основ, заложенных Докучаевым, Вильямсом, Вернадским, основ системного изучения, сохранения и управления сельскохозяйственными землями и агроландшафтами. Продуктивное долголетие есть производное всей системы агроландшафта, включая "поле–луг–лес–воды" [12, 13].

В решении важнейших проблем для общества, государства и науки необходима междисциплинарная интеграция географов-ландшафтоведов, агроландшафтоведов, картографов, почвоведов, агрономов, луговодов, полеводов, лесоводов, гидрологов в решении задач изучения и управления агроландшафтами, создания функционирующих моделей агроландшафтов в основных земледельческих субъектах России.

Необходимо принятие федерального закона "Об экологически чистом сельском хозяйстве, взаимодействии человека и природы, развитии природоподобных технологий, биологизации земледелия и управлении экосистемами", ориентированного на приоритеты и вызовы для общества, государства и науки, которые включены в Стратегию научно-технологического развития нашей страны в ближайшие (10-15 лет) и долгосрочной перспективе (в том числе и после 2030 года).

Необходимо также принятие региональных законов (программ) в субъектах Российской Федерации "Об экологически

чистом сельском хозяйстве, взаимодействии человека и природы, развитии природоподобных технологий, биологизации земледелия и управлении экосистемами", ориентированного на приоритеты и вызовы для общества, государства и науки, которые включены в Стратегию научно-технологического развития нашей страны (по примеру Белгородской области, где принята и реализуется Программа биологизации земледелия).

Необходимо введение погектарных субсидий землепользователям за сохранение плодородия почв, штрафов за снижение плодородия почв, загрязнение и ухудшение фитосанитарного состояния земель.

В целях обеспечения продуктивного долголетия сельскохозяйственных земель необходимо создание благоприятных условий для функционирования агроландшафтов (сбалансированности продуктивных и протективных экосистем в инфраструктуре агроландшафтов, структуре посевных площадей, севооборотов), а также создание благоприятных условий для сохранения плодородия почв (функционирования основных почвообразователей – многолетних трав и микроорганизмов) [14-21].

В целях укрепления экологического каркаса агроландшафтов необходим перевод пашни, расположенной на склонах крутизной 3-5° и более, в пастбища, леса или другие средостабилизирующие, протективные элементы агроландшафта.

Необходимо стимулирование (введение субсидий мелким, средним фермерским хозяйствам и ЛПХ) за развитие пастбищного животноводства при соблюдении пастбищных нагрузок и всех других необходимых регламентов.

В целях формирования "просвещенного взгляда на дело" необходимо совершенствовать подготовку научных кадров, создание базовых кафедр, курсов повышения квалификации по агроландшафтоведению на основе взаимодействия научных учреждений и ВУЗов.

В целях обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны кормопроизводство должно стать стратегическим направлением в развитии сельского хозяйства и обеспечить корма – животным, плодородие – почвам, устойчивость и продуктивное долголетие – агроландшафтам.

Все это позволит включить механизмы, обеспечивающие продуктивное долголетие агроландшафтов, сохранение плодородия почв, создание экологически чистого сельского хозяйства, взаимодействие человека и природы, развитие природоподобных технологий, биологизацию земледелия и управление экосистемами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса на службе российской науке и практике / под редакцией В.М. Косолапова, И.А. Трофимова. М.: Россельхозакадемия, 2014. 1031 с.
2. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании (теория и практика) / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова. М.: Россельхозакадемии, 2014. 135 с.
3. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводству – сбалансированное развитие // АПК: Экономика, управление. 2013. № 7. С. 15-23.
4. Словарь терминов по кормопроизводству / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова. М., 2010. 530 с.
5. Справочник по кормопроизводству. 5-е изд., перераб. и дополн. / под ред. В.М. Косолапова, чл.-корр. Россельхозакадемии, д-ра с.-х. н., И.А. Трофимова, д-ра геогр. н. М.: Россельхозакадемия, 2014. 717 с.
6. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Кормопроизводство в развитии сельского хозяйства России // Адаптивное кормопроизводство. 2011. № 1. С. 4-8.
7. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Травяные экосистемы в сельском хозяйстве России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2010. № 4. С. 37-40.
8. Земельные ресурсы аридных территорий России / И.С. Зонн, И.А. Трофимов, З.Ш. Шамсутдинов [и др.] // Аридные экосистемы. 2004. Т. 10. № 22-23. С. 87-101.
9. Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П. Значение, функции и потенциал кормовых экосистем в биосфере, агроландшафтах и сельском хозяйстве // Адаптивное кормопроизводство. 2010. № 3. С. 23-28.
10. Трофимов И.А. Стратегия и тактика степного природопользования XXI века // Проблемы региональной экологии. 2000. № 4. С. 56-64.
11. Проблема опустынивания земель в России / И.А. Трофимов, З.Ш. Шамсутдинов, Л.С. Трофимова [и др.] // Земледелие. 2010. № 7. С. 7-9.
12. Шпаков А.С., Трофимов И.А. Биологизация и экологизация земледелия и кормопроизводства в Центральном экономическом районе // Кормопроизводство. 2002. № 2. С. 2-6.
13. Трофимов И.А. Состояние и перспективы развития кормопроизводства России // Кормопроизводство. 2010. № 8. С. 6-9.

14. Продуктивность долголетних сенокосов при разных системах ведения / А.А. Кутузова, Л.С. Трофимова, М.А. Олигер [и др.] // Кормопроизводство. 2000. № 5. С. 11-15.
15. Трофимова Л.С., Кулаков В.А. Современное экспериментальное обоснование развития дернового процесса на лугах // Кормопроизводство. 2003. № 11. С. 11-14.
16. Методические указания по проведению научных исследований на сенокосах и пастбищах / А.А. Кутузова, А.А. Зотов, Л.С. Трофимова [и др.]. М., 1996. 152 с.
17. Пути устранения дефицита белка в луговодстве / А.А. Кутузова, Е.Е. Проворная, А.В. Родионова [и др.] // Кормопроизводство. 2001. № 3. С. 10-14.
18. Рекомендации по созданию продуктивных и устойчивых агроландшафтов / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова [и др.]. М.: Россельхозакадемия, 2003. 44 с.
19. Современное развитие системного подхода к конструированию агроландшафтов (к 150-летию со дня рождения выдающихся ученых) / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2013. № 5. С. 11-14.
20. Повышение устойчивости агроландшафтов: рекомендации / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова [и др.]. М.: Росинформагротех, 2003. 44 с.
21. Повышение продуктивности и устойчивости агроландшафтов Центрального экономического района Российской Федерации: рекомендации / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова [и др.]. М., 2005. 63 с.

УДК 631.452: 626.8

Н.Н. ДУБЕНОК, академик РАН
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ – ОСНОВА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

Международная продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) на основании сбора и анализа общемировых данных по производству и потреблению определила, что продовольственная безопасность обеспечивается при наличии зерна не менее 600 кг в год на душу населения. По данным ФАО, в мире производится примерно 2,2 млрд. т. В связи с этим примерно третья часть населения Земли голодает или недоеда-

ет. К сожалению, ситуация с обеспечением населения планеты продовольствием не улучшается, а обостряется. Обусловливается это ограниченными возможностями расширения пашни при ежесуточном приросте народонаселения на 219 тыс. человек, активной аридизацией климата и опустынивания [6].

В Российской Федерации 65% пашни, 28% сенокосов, 50% пастбищ подвержены разрушающему действию дефляции, засухе, суховеям и другим неблагоприятным явлениям. Совсем недавняя засуха 2010 г. в России охватила около 60 млн. га пахотных земель, что составляет 50% наличия их в стране. Ущерб от неё составил 80-85 млрд. рублей. В пострадавших регионах России дефицит составил: сена – 4 млн. т, сенажа – 5 млн. т, силоса – 4,8 млн. т, соломы – 1 млн. т, фуражного зерна – 7 млн. т, семян озимых зерновых культур – 228 тыс. т., яровых – 1,37 млн. т [8].

Во второй половине 20-го века наблюдалось устойчивое сокращение используемых земель. В период 1961-2003 гг. в мире было выведено 223 млн. га сельхозугодий. Больше всего в России и странах СНГ (58 млн. га), много и в других: Австралия – 41 млн. га, США – 36 млн. га, Западная Европа – 25 млн. га. В результате выбытия земель из оборота произошло сокращение пашни на 10 млн. га, посевных площадей – на 40 млн. га, в том числе под зерновыми – на 17 млн. га.

Последствия вывода земель из оборота привели к уменьшению площади пахотных земель на душу населения и, как следствие, снижению среднедушевого и валового сбора сельскохозяйственной продукции; потерям «вложенного труда» (в мелиорацию ранее вложены огромные финансовые средства) и к сокращению численности сельского населения [6].

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

Большая часть основных фондов создана в 60-80 годы, поэтому около 43% оросительных и свыше 24% осушительных систем нуждаются в проведении работ по техническому улучшению, перевооружению и восстановлению. В результате

нарушения функциональных возможностей мелиоративных систем уровень их технического состояния резко упал.

Основные площади осушенных земель находятся в Нечернозёмной зоне России, в том числе в Северо-Западном федеральном округе 1,8 млн. га.

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

Анализируя динамику основных показателей водопользования за 16 лет в России, приходится признать значительное уменьшение водопотребления для целей орошения, обводнения пастбищ и сельскохозяйственного водоснабжения. Так, в 2000 г. водопотребление для орошения и обводнения сельскохозяйственного водоснабжения составляло 12,6 км³, а в 2015 г. лишь 7,2 км³, т.е. наблюдается резкое уменьшение водопотребления в сельскохозяйственном производстве [9].

Осушаемым землям принадлежит значительная роль в решении проблемы производства кормов и овощей. После проведения мелиоративных работ в соответствии с Программой развития сельского хозяйства страны, а также строительства дорог, жилья, школ, детских садов, производственных мощностей в Нечерноземье производилось 30% продукции земледелия и животноводства, из них – 31% мяса, 40% молока и яиц, 45% картофеля, 33% овощей, 95% льноволокна, кормов – до 70% и другой продукции [3].

Более 80% всех осушаемых сельскохозяйственных угодий занято кормовыми культурами, включая посевы зернофуражных культур. Около 24% площади осушительных систем нуждаются в проведении работ по реконструкции осушительной сети и сооружений, на 33% площади осушенных земель требуется проведение химических мелиораций.

По данным Минсельхоза и Отделения сельскохозяйственных наук РАН на земли сельскохозяйственного назначения приходится 401,1 млн. га. Из них к категории сельскохозяй-

ственных угодий относятся 220,7 млн. га, в том числе 122,1 млн. га пашни.

По площади пашни Россия уступает США (186 млн. га), Индии (170 млн. га) и Китаю (135 млн. га). Агропромышленный комплекс США производит более 400 млн. т зерна в год или немногим менее 20% мирового баланса его, из них более 60% на мелиорируемых землях. Индия и Китай с населением 1,0 млрд. и 1,5 млрд. человек соответственно закрывают внутреннюю потребность в продовольствии.

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

Объем же производства зерна в Российской Федерации остается в среднем на уровне 95,8 млн. т. И даже при таких скромных показателях наша страна поставляет часть зерна на международный рынок, получается это исключительно из-за недостаточного использования его для производства продуктов питания животного происхождения, импорт которых достигает 20-30% [7].

Следует признать, что незначительная фактически поливаемая площадь не может оказать заметного влияния на увеличение объемов и устойчивого повышения производства продовольствия. Подтверждением этому служит влияние орошения на сельскохозяйственное производство РФ в конце 80-х годов прошлого столетия, когда поливалось почти 6,0 млн. га, а средняя продуктивность поливного гектара составила 4,4...4,5 тыс. корм. ед. с 1 га. Тогда орошение в таком объеме способствовало решению проблемы обеспечения населения страны рисом, овощами, созданию в засушливой зоне достаточно прочной кормовой базы для животноводства даже в неблагоприятные по условиям увлажнения годы [5].

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. для достижения национальной безопасности, в том числе продовольственной,

определен уровень производства продуктов питания по отношению к 2007 г. Валовой сбор зерна планируется довести до 120-125 млн. т. Производство мяса за эти годы планируется увеличить в 1,7 раза, а молока – на 27%. Если же ориентироваться на среднестатистические данные текущего столетия, то показатель фактического годового производства зерна составляет 95,8 млн. т, а в 2008 г. – 108 млн. т, в 2016 г. – 119 млн. т, в 2017 г. – 131 млн. т. Планируется с 2018 г. к 2020 г., т.е. за 2 года, объем производства зерна увеличить на 20-25 млн. т, или ежегодно на 4,5-5,0 млн. т.

По данным ряда институтов Отделения сельскохозяйственных наук РАН, получение с каждого поливного гектара продукции на уровне 7,0-7,5 тыс. корм. ед. в зоне Среднего Поволжья и Юга России в зерно-кормовом севообороте возможно на фоне внесения в среднем за ротацию на 1 га севооборотной площади 195-205 кг д.в. минеральных удобрений при средне-взвешенной оросительной норме 3000 м³/га и энерговооруженности работников орошаемого земледелия не ниже 44...52 кВт. Обеспеченность полевого орошаемого земледелия в этой зоне денежно-материальными ресурсами при такой продуктивности должна составлять не менее 20-24 тыс. руб. на 1 га. Получение более высокой продуктивности на уровне 12,0-13,5 тыс. корм. ед. с 1 га в тех же условиях связано с увеличением дозы внесения удобрений до 240-265 кг д.в., оросительной нормы – 4100 м³/га и энерговооруженности – 80-90 кВт. Потребность в финансировании при этом возрастает до 29,0-31,0 тыс. руб. на 1 га [1, 4, 5].

Следовательно, мелиоративное земледелие может стать высокопродуктивным и устойчивым по объему производства сельскохозяйственной продукции сегментом аграрной экономики только при достаточном ресурсном его обеспечении. Ресурсное обеспечение в стране позволит увеличить площади как орошаемых, так и осушаемых земель до уровня, необходимого для обеспечения продовольственной безопасности страны.

«Подушка» продовольственной безопасности зерна, как и кормов, гарантированно получаемых с мелиорированных земель, должна быть не менее 30% общей потребности в них, или в расчете на зерно 25-28 млн. т. Обеспечить такой объем произ-

водства зерна в стране возможно при получении с осушенных земель 7...9 млн. т и с орошаемых – 17...19 млн. т. Реализация этих планов возможна при условии увеличения денежных средств на материально-техническое и технологическое обеспечение. При этом необходимо расширить площади поливных угодий до 9-10 млн. га, на которых желательно размещать посевы зерновых и зернобобовых культур с преобладанием посевов под кукурузой и соей (не менее 3,5-4,0 млн. га). Даже при такой площади орошаемых земель доля их в структуре пашни не достигнет 10%, однако они станут надежным гарантом обеспечения продовольственной независимости страны [5, 9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дубенок Н.Н, Сухарев В.И. Водный баланс агроландшафтов Центрального Черноземья и его регулирование. М.: Колос, 2010. 188 с.
2. Дубенок Н.Н, Иванов А.Л., Свинцов И.П. Приоритеты научного обеспечения мелиорации // Вестник РАСХН. 2011. № 1. С. 7-9.
3. Дубенок Н.Н, Сухарев В.И. Водный баланс агроландшафтов Центрального Черноземья и его регулирование. М.: Колос, 2010. 188 с.
4. Дубенок Н.Н, Состояние и перспективы разработки машинных технологий и технических средств для комплексной мелиорации сельхозугодий // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. №6. С. 8-10.
5. Дубенок Н.Н, Ляшевский В.И. Состояние и перспективы водообеспечения Республики Крым // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. №3. С. 8-11.
6. Водосберегающая технология возделывания аэробного риса при капельном орошении / Н.Н. Дубенок, И.П. Кружилин, М.А. Ганиев [и др.] // Известия ТСХА. 2015. № 3. С. 47-56.
7. Импортзамещение в АПК России: проблемы и перспективы: монография / Н.Н. Дубенок, И.Г. Ушачев, А.И. Алтухов [и др.]. М., 2015. С. 447.
8. Особенности агротехники зерновой кукурузы на орошаемых землях Нижнего Поволжья / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, Н.Н. Новиков [и др.] // Плодородие. 2016. № 1. С. 35-38.
9. Дубенок Н.Н. Итоги деятельности отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства Россельхозакадемии за 2011 год // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2012. №4. С. 16-21.
10. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 г. М.: НИА-Природа, 2016. 270 с.

В.А. ШЕВЧЕНКО, д-р с.-х. наук
ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нечерноземная зона России – зона гарантированного урожая всех основных сельскохозяйственных культур. Её вклад в реализацию доктрины продовольственной безопасности страны с годами будет только увеличиваться. Это обусловлено природно-климатическими факторами, а при применении правильных и эффективных мелиоративных приемов можно рассчитывать на высокие и стабильные урожаи сельскохозяйственных культур.

О необходимости развития Нечерноземья говорил выдающийся агрохимик, академик Д.Н. Прянишников. В своих трудах он писал: «Нечерноземье сильных засух не знает, при этом урожайность при правильном подходе дает хорошую. Поэтому его стратегически выгодно превратить в житницу страны. Это как построить дамбу, которая навсегда защитит от неурожая».

В сельском хозяйстве всегда будут существовать риски, связанные с частой повторяемостью засух разной силы и другими неблагоприятными климатическими воздействиями.

Один из главных способов обеспечения высоких урожаев в Нечерноземной зоне – это мелиорация. В мировой практике сельскохозяйственного производства комплексная мелиорация земель, включающая гидромелиорацию, агролесомелиорацию, культуртехническую, биологическую мелиорацию и другие мелиоративные мероприятия, в сочетании с применением современных аграрных технологий и технических средств, высокопродуктивных культур, сортов и гибридов, эффективных удобрений и средств защиты растений является решающим условием стабильно высокого производства сельскохозяйственной продукции.

В подтверждение сказанному может служить 2010 г., когда вследствие аномальных климатических условий пострадали 895 районов в 43 регионах страны. Из-за жесточайшей засухи производство зерна в 2010 году снизилось на 35%, недобор зерна составил 15 млн. тонн, было потеряно 36 млн тонн кормов в кормовых единицах, 1,9 млн. тонн, или 20% овощей. Но в то же время, на орошаемых землях урожайность снизилась лишь на 10-12%.

В своё время (в 1974 г.) с целью обустройства Нечерноземья и удовлетворения потребностей населения в продовольственном обеспечении и необходимых сырьевых ресурсах было принято Постановление Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР». Это был грандиозный проект по развитию сельского хозяйства Нечерноземья от Архангельской области на Севере через всю Центральную Россию до Волго-Вятского региона.

За три пятилетки было произвестковано 20 млн. га кислых почв, проведено осушение 4,8 млн. га сельскохозяйственных земель. Бывшие болота стали самыми плодородными полями Центральной России.

Результат не заставил себя ждать. Уже к началу 1980-х годов Нечерноземье давало России половину картофеля, треть мяса и шестую часть зерна. Кроме того, приносило 40% молока и яиц, здесь производили треть сыра.

Благодаря программе подъема Нечерноземья уже в 1979 г. урожай зерна в РСФСР превысил 110 млн. т, а в конце 1980-х годов – 120 млн. тонн. И хотя долгожданного продовольственного изобилия не наступило, если бы не освоение Нечерноземья, стране пришлось бы особенно тяжело.

В Нечерноземную зону России входят 32 субъекта Федерации. Общая численность населения составляет около 44 млн. человек, из них сельского – 10,5 млн. Площадь сельскохозяйственных угодий – 36,8 млн. га, в том числе пашни – 25,9 млн. га.

По состоянию на 2017 г. на территории Нечерноземной зоны имеется 4033,26 тыс. га мелиорированных земель, что составляет 42,7% от общей площади мелиорированных земель в Российской Федерации (9446,68 тыс. га) (табл. 1). Из них не используется в сельскохозяйственном производстве 1295,17 тыс. га, или 32,1% от наличия мелиорированных земель в Нечерно-

земной зоне и 54,6% от общей неиспользуемой площади мелиорированных земель в Российской Федерации (2371 тыс. га). В результате из оборота вышел грандиозный массив сельхозземель. Например, в Рязанской области в 1990 г. обрабатывали 110,2 тыс. га мелиорированных земель, к 2017 г. осталось 45,3 тыс. га – уменьшение в 2,4 раза. В Тверской области в 1990 г. засеивали 255,9 тыс. га, сейчас – 108,7 тыс.; Смоленская сократила посевы с 214,0 га до 112,2 тыс. га; Кировская область – с 212,0 до 111,7 тыс. га.

Таблица 1

Наличие мелиорированных земель в Нечерноземной зоне Российской Федерации, тыс. га

Субъект РФ	Наличие мелиорированных сельхозугодий	Из них:	
		используется в сельхозпроизводстве	не используется в сельхозпроизводстве
Нечерноземная зона	4033,26	2738,09	1295,17
Брянская область	116,740	92,640	24,100
Владимирская область	112,769	61,024	51,745
Ивановская область	33,134	19,136	13,998
Калужская область	40,300	26,100	14,200
Костромская область	107,117	87,617	19,500
Московская область	395,700	313,170	82,530
Орловская область	49,743	45,091	4,652
Рязанская область	110,208	45,299	64,909
Смоленская область	214,040	112,156	101,884
Тверская область	255,879	108,741	147,138
Тульская область	20,382	14,684	5,698
Ярославская область	134,777	84,753	50,024
Архангельская область	81,000	44,000	37,000
Вологодская область	245,073	164,072	81,001
Калининградская область	596,300	439,100	157,200
Ленинградская область	362,244	307,412	54,832
Мурманская область	15,300	5,600	9,700
Новгородская область	180,776	134,976	45,800

Субъект РФ	Наличие мелиорированных сельхозугодий	Из них:	
		используется в сельхозпроизводстве	не используется в сельхозпроизводстве
Псковская область	250,900	159,700	91,200
Республика Карелия	62,800	38,606	24,194
Республика Коми	50,907	19,416	31,491
Кировская область	212,026	111,741	100,285
Нижегородская область	73,952	39,541	34,411
Пермский край	48,287	37,045	11,242
Республика Марий Эл	25,171	22,935	2,236
Республика Мордовия	74,311	74,311	0,000
Удмуртская Республика	40,511	40,511	0,000
Чувашская Республика	39,031	29,319	9,712
Свердловская область	83,883	59,396	24,487

Таблица 2

Распределение областей Нечерноземья с максимальной долей пашни, выведенной из оборота в течение 1990-2017 гг.

Доля пашни, выведенной из оборота	Республики, области
свыше 50 %	Тверская, Рязанская, Смоленская, Кировская, Мурманская области, Республика Коми
40-50 %	Владимирская, Ивановская, Архангельская, Нижегородская, Ярославская, Псковская области, Республика Карелия
30-40 %	Калужская, Вологодская, Свердловская, Тульская, Новгородская области

Из данных таблицы 2 следует, что наиболее интенсивно процесс сокращения использования мелиорированных земель происходил в Тверской, Рязанской, Владимирской, Смоленской, Кировской, Мурманской областях и Республике Коми.

Средняя продуктивность осушенных земель в Нечерноземье составляет 40...50% от проектной. В большинстве случаев это объясняется не только экономическими трудностями, но и несоблюдением технологических регламентов возделывания

сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях, а также грубыми нарушениями мелиоративного режима, назначаемого без учета конкретных гидрологических и гидрогеологических условий. На значительной площади мелиорированные поля оказались заброшенными, и осушительные системы пришли в негодность из-за зарастания и заиливания каналов и водоприемников. Часть мелиорированных земель вышла из сельскохозяйственного оборота по причине заболачивания, заочкаривания, зарастания кустарником и лесом (на более чем 700 тыс. га).

Основными причинами выхода **мелиорированных** земель из сельскохозяйственного оборота стали: потеря сельскохозяйственного собственника, миграция сельского населения, изношенность с.-х. техники и оборудования, снижение потребности в кормах из-за значительного сокращения поголовья КРС, зарастание осушенных земель кустарником и мелколесьем и закисление почв.

Таким образом, в Нечерноземье потеряны многие завоевания советских времен, но, к счастью, не все. Например, в 2017 г. средняя урожайность зерновых в Калининградской области на мелиорированных землях составила 44,1 ц/га, а в среднем по Северо-Западному федеральному округу – 29,5 ц/га.

Для сравнения – в Северо-Кавказском федеральном округе урожайность составила 45,9 ц/га, в Южном федеральном округе (Адыгея) – 44,1 ц/га, в Краснодарском крае – 60,6 ц/га.

Почвы Нечерноземной зоны на значительных площадях пашни имеют низкое плодородие. Из 36,8 млн. га сельскохозяйственных угодий 54% характеризуется низким и очень низким (< 2%) содержанием гумуса, 27,5% – очень низким (< 25 мг/кг почвы) содержанием фосфора, 25% – очень низким (< 40 мг/кг почвы) содержанием обменного калия.

В последние годы на осушенных землях Нечерноземья, что составляет 1,7 млн. га (68,4%) наблюдается повышение кислотности почв и уменьшение содержания гумуса. Пахотный слой нередко ограничен глубиной 15...20 см, поэтому нуждается в углублении и окультуривании.

Причинами дегумификации почв, как показывают исследования, являются:

- развитие процессов водной и ветровой эрозии;
- разрушение и ликвидация сложившихся севооборотов;
- переход к монокультуре, при которой посевы многолетних и однолетних трав и зернобобовых, фиксирующих азот, имеют небольшой удельный вес;
- снижение доз внесения органических удобрений и снижение общей культуры земледелия в целом.

Чтобы предотвратить деградацию почв, придать земледелию Нечерноземья устойчивость и повысить самообеспеченность страны сельскохозяйственной продукцией, необходимо восстановить работоспособность имеющихся осушительных систем на территории 1,2 млн. га и построить новые осушительные и оросительные системы на площади до 900 тыс. га.

Производственный опыт убедительно свидетельствует, что без необходимых затрат на техническое обслуживание и ремонт мелиоративной сети и сооружений сельскохозяйственное использование мелиорированных земель рано или поздно становится неэффективным и, в конечном итоге, доводит ситуацию до неизбежной потери с.-х. угодий и падения сельскохозяйственного производства.

Реальный путь изменения сложившейся ситуации в Нечерноземье следующий:

1) постоянный мониторинг использования сельскохозяйственных земель для всех без исключения землевладельцев и землепользователей;

2) незамедлительное безвозмездное изъятие по решению государственного органа неиспользуемых по назначению в течение двух лет сельскохозяйственных земель без права их возврата бывшим землепользователям;

3) во избежание дальнейшей деградации брошенных земель проводить минимально необходимые мероприятия, такие как скашивание травостоя, что способствует снижению вероятности весенних пожаров, а также проведение вырубki кустарников и мелколесья, что позволит в будущем вернуть эти земли в нормальное для сельскохозяйственного использования состояние с минимальными затратами;

4) окультуривание малоплодородных почв за счет управления водным режимом почвы, эффективного использования

органических и минеральных удобрений и биоресурсного потенциала территорий и растений, применения мер по активизации почвенной микрофлоры.

4) в Нечерноземной зоне вследствие большого разнообразия залежных земель система их обработки должна быть строго дифференцирована. Вначале осваиваются угодья, способные в первый и в последующие годы освоения дать высокие урожаи, а затем земли, не требующие больших затрат на проведение работ, связанных с освоением.

5) при введении в оборот заброшенных земель потребуется не только значительное увеличение внесения в почву минеральных и органических удобрений, но и известкование кислых почв, внедрение научно-обоснованной структуры посевных площадей и схем севооборотов и совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Из сельскохозяйственных культур при освоении новых или окультуривании залежных земель пальму первенства следует отдавать озимой ржи. Она может произрастать на верховых и низинных торфоболотных и на всех минеральных почвах от легких до тяжелых глинистых.

Рожь обладает хорошей приспособляемостью и малой требовательностью к запасам питательных веществ, а также способностью извлекать из почвы труднодоступные соединения фосфора и калия. Хорошо произрастает на кислых почвах, является самой холодостойкой культурой, а корневая система ржи не подвергается заболеванию корневыми гнилями.

Признанной культурой при освоении или окультуривании залежных земель среди яровых зерновых считается овес. В свое время даже велась селекция овса для применения на освоенных болотных почвах. У него хорошо развита корневая система, что способствует извлечению питательных веществ из большого объема почвы. Овес официально считается санитарной культурой в севообороте, так как корневая система не поражается корневыми гнилями.

При освоении залежных земель Нечерноземной зоны заслуживает внимания люпин узколистый. Этот вид люпина считается менее теплолюбивым по сравнению с желтым и белым, но более требовательным к влаге. Семена начинают про-

растать при температуре $+5^{\circ}\text{C}$, а всходы могут переносить заморозки до -7°C . Он может выращиваться не только на бедных песчаных, но также на суглинистых и глинистых почвах. Узколистный люпин более скороспелый, чем другие виды люпинов и дает ранние урожаи.

В нашей стране зеленая масса люпина используется в основном на кормовые цели. Но в качестве органического удобрения могут использоваться не только пожнивные остатки, но и вся надземная и подземная фитомасса, по эффективности люпиновое зеленое удобрение примерно соответствует навозу. Люпин считается одним из лучших сидератов, он наименее требователен к почвам, так как способен усваивать труднорастворимые фосфаты и другие соединения, обладает наивысшей азотфиксирующей способностью по сравнению с другими зернобобовыми культурами и может накапливать порядка 200...400 кг азота на 1 га. Люпин считается хорошим предшественником для всех полевых культур, так как его последствие проявляется в севообороте до 8 лет.

Приведенная характеристика зерновых и зернобобовых культур позволяет рекомендовать их для использования в севооборотах при окультуривании залежных земель в Нечерноземной зоне Российской Федерации.

Таким образом, необходима комплексная программа возрождения Нечерноземья России, в которой к первоочередным задачам научно-исследовательских учреждений следует отнести разработку Программы восстановления плодородия мелиорированных земель и эффективной технико-технологической модернизации мелиоративных систем. Программа должна включать:

1. Оценку состояния осушительных систем на основе данных мониторинга и полевого обследования дренажа с применением современных технологий.

Например, наш институт проводит исследования с использованием малоразмерных беспилотных летательных аппаратов для дистанционного сканирования поверхности полей на мелиорированных землях; также мы проводим картирование подземных коммуникаций на полях, определяем уровень грунто-

вых вод, места утечек из дренажных систем и т.д. с использованием георадарных технологий.

2. Разработку научно-обоснованных технологий проведения культуртехнических работ по очистке мелиорируемых земель от леса и кустарника, камня, кочек с дальнейшей обработкой и выравниванием полей.

3. Разработку новых технических решений по созданию и управлению оросительно-осушительными системами, которые обеспечивают регулирование водно-воздушного, теплового и пищевого режима почвы в автоматизированном режиме;

4. Разработку научно-обоснованных систем мелиорации земель и систем земледелия на мелиорированных землях для каждого субъекта землепользования для формирования стабильно высоких урожаев.

5. Разработку специализированных севооборотов и систем органического земледелия на мелиорированных землях Нечерноземной зоны РФ, обеспечивающих получение экологически чистой растениеводческой продукции и т.д.

Наш институт как головной отраслевой институт ведет научные исследования и выполняет работы по всем направлениям данной программы и в настоящее время разрабатывает «Концепцию государственной Программы сохранения и использования мелиорированных земель в Нечерноземной зоне Российской Федерации на период до 2030 года».

Минсельхозом РФ с 2019 г. предусмотрено проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по Нечерноземной зоне. Темы научных исследований: «Оценка потенциала сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны европейской части Российской Федерации. Разработка комплекса мероприятий по технической модернизации мелиоративных систем, восстановлению плодородия мелиорированных земель и строительству осушительно-оросительных систем двустороннего регулирования», и наш институт будет участвовать в конкурсе по этой теме.

В области мелиорации имеется ряд направлений, требующих обязательного государственного регулирования: 1) это мониторинг эффективности использования мелиорированных земель, предотвращение их необоснованного списания; 2) это

оперативный контроль технического состояния мелиоративных объектов, планирование ремонтно-профилактических мероприятий, реконструкции и технического перевооружения оросительных и осушительных систем; 3) это экологический контроль качества воды на мелиоративных системах при осуществлении водопользования.

Ввод в хозяйственный оборот новых сотен тысяч мелиорированных земель потребует притока новых рабочих рук.

Без решения социальных вопросов эту задачу не решить. Надо создать условия для привлечения специалистов и рабочих. Проводить обустройство населённых пунктов, строить жилье и соцобъекты, дороги, образовательные и медицинские учреждения, обеспечивать техническое оснащение на принципе баланса интересов государства и сельскохозяйственных предприятий.

Особое внимание следует уделить подготовке специалистов по современным технологиям, машинам и оборудованию для осуществления мелиоративных мероприятий – гидротехников, лесомелиораторов, экологов, экономистов сельскохозяйственного профиля, а также агрономов и землеустроителей.

Необходимо формирование новой эффективной инновационно-инвестиционной системы для создания специализированных агро-мелиоративных кластеров: мясомолочных, овощеводческих, льноводческих и других.

Эта система предполагает создание методами комплексной мелиорации определенных природных условий под производство конкретного набора растениеводческой продукции и объединение на данной территории взаимосвязанных компаний, обеспечивающих всю цепочку от научной разработки современных технологий и их апробации до выращивания сельскохозяйственных культур, переработки и получения конечной конкурентной продукции.

А.С. МОТОРИН, д-р с.-х. наук, профессор
*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, Тюмень*

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МЕЛИОРАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

По данным почвенных обследований, площадь освоенных торфяных почв в нашей стране составляет 3,4 млн. га, в Уральском федеральном округе – 150 тыс. га, в Западной Сибири – свыше 200 тыс. га, в Тюменской области – около 80 тыс. га. Основная часть торфяных почв используется под сенокосы (59%) и пастбища (36%) [1, 2].

Данные статистики показывают, что в последние годы значительная часть осушаемых торфяных почв не используется и теряет свое плодородие. Продуктивность осушаемых земель в УрФО составляет всего 0,39 от климатически обеспеченной, в Сибирском регионе – 0,34 [3].

В целом для использования торфяных почв в сельском хозяйстве в настоящее время характерны следующие негативные процессы:

1. Повышение уровня грунтовых вод и подтопление осушенных торфяников вследствие неудовлетворительного состояния осушительной сети, что вызывает гибель ценных кормовых трав и деградацию сенокосов и пастбищ;

2. Трансформация целевого использования осушенных торфяников с интенсивного сенокосного на экстенсивное пастбищное в связи с неудовлетворительным состоянием осушительной сети;

3. Постепенное зарастание сенокосных и пастбищных угодий кустарником и мелколесьем;

4. Прекращение производственной деятельности хозяйств, отказ от аренды, перевод земли в другие виды угодий [4].

В основе метода регулирования водного режима осушаемых почв лежит изменение положения грунтовых вод. Для агрономелиоративной практики наибольший интерес представляет влияние уровня залегания грунтовых вод на плодородие почвы и создание нормальных условий для работы сельскохозяйственных машин и агрегатов [5].

В настоящее время рекомендуется способ регулирования водного режима почв, заключающийся в поддержании в течение предпосевной обработки, посева, роста и уборки сельскохозяйственных культур уровня грунтовых вод в пределах (табл. 1).

Таблица 1

**Нормы осушения торфяных почв
для сельскохозяйственного использования, см [6]**

Уровень грунтовых вод, см	Культуры, угодья		
	луга	пастбища	овощные
в среднем за вегетацию	60	80	90
в осенне-зимний период	60 - 70	60 - 70	60 - 70

Вопрос о нормах осушения для условий Западной Сибири имеет специфический характер, вызванный мерзлотными явлениями почвогрунтов. В результате проведенных многолетних лизиметрических и полевых исследований нами установлено, что применительно к длительно сезонно-мерзлотным торфяникам поддержание в зимний период нормы осушения на таком уровне приводит к тому, что в верхнем мерзлом слое торфа происходит накопление внутрипочвенного льда вплоть до значения полной влагоемкости. К зоне промерзания зимой подтягивается до 100 мм влаги за счет избыточного капиллярного давления и термодиффузии пара [7].

Нашими наблюдениями на осушаемых массивах установлено, что в среднем мерзлый слой в торфе сохраняется до второй декады июня на болотах террасного залегания и до третьей декады июля на водораздельных низинных торфяниках.

Огромное значение в переувлажнении торфяных почв в весенний период приобретает верховодка. Влажность почвы

при наличии мерзлоты определяется количеством влаги, расходуемой на испарение почвой и растениями, с одной стороны, и количеством осадков в весенне-летний период и влагой, поступающей от таяния мерзлотной толщи, с другой.

Наличие мерзлого перенасыщенного льдом слоя в первую половину вегетационного периода вызывает ряд отрицательных последствий для роста и развития сельскохозяйственных культур, а именно:

- переувлажняется верхний оттаивающий слой за счет собственных избыточных влагозапасов и выпадающих осадков, для которых мерзлота служит водупором;

- снижается температура корнеобитаемого слоя вследствие высокой влажности торфяника и более медленного оттаивания высокольдистой мерзлоты;

- сокращается продолжительность периода нормального роста сельскохозяйственных культур;

- затормаживаются биологические процессы, что снижает эффективное плодородие торфяных почв и урожайность выращиваемых культур.

На основании лизиметрических исследований нами был предложен способ регулирования водного режима длительно сезонно-мерзлотных торфяных почв [8]. Суть его заключается в следующем:

1. В поддержании оптимального уровня грунтовых вод (нормы осушения) в вегетационный и зимний период, отличающегося тем, что с целью ликвидации в верхнем мерзлом слое накопления зимой избыточного количества внутрпочвенного льда для улучшения гидротермических условий произрастания сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности, уровень грунтовых вод с конца периода эффективных температур воздуха до начала промерзания снижают до 160-200 см и поддерживают на этой глубине до весеннего снеготаяния.

2. В период снеготаяния не сбрасывают талую воду, а используют ее для подъема грунтовых вод на глубину 80-110 см и поддерживают этот уровень до конца периода эффективных температур воздуха (табл. 2).

Таблица 2

Внутригодовой проектный водный режим среднемошной торфяной почвы под многолетние травы на сено

Период	Уровень грунтовых вод		Влажность почвы в долях НВ	
	Период			
	начало	конец	начало	конец
20.X-1.IV (зима)	160	200	0,85	1,0
1-20.IV (снеготаяние)	200	70	1,0	1,0
20.IV-20.VI (вегетация при наличии мерзлоты)	70	70	1,0	0,95
20.VI-15.VII (вегетация при талом торфе до уборки укоса)	70	80	0,95	0,95
15.VII-10.VIII (вегетация при талом торфе, отрастание – начало сброса)	80	80	0,95	0,95
10-20.VIII (вегетация от начала сброса до окончания 2 укоса)	80	80	0,95	0,95
25.VIII-20.X (сброс)	100	160	0,95	0,95

Использование предлагаемого способа регулирования водного режима длительно сезонно-мерзлотных почв обеспечивает по сравнению с существующими способами следующие преимущества:

- возможность ликвидации переувлажнения в корнеобитаемом слое сельскохозяйственных растений в начале вегетации за счет снижения льдистости мерзлого горизонта. Если торфяная почва перед промерзанием не насыщена влагой, то она хотя и промерзает на большую глубину, чем насыщенная с осени до полной влагоемкости, но весной оттаивает раньше на 1-1,5 месяца. Более быстрое оттаивание торфяных почв, замерших в ненасыщенном влагой состоянии, объясняется лучшим теплообменом за счет большей фильтрации теплой **полой** воды и лучшей циркуляции в свободных от льда порах теплого воздуха;

- прогревание почвы идет значительно лучше там, где зимой уровень грунтовых вод находится глубоко. При залегании грунтовых вод на 2-х метровой глубине торфяная почва в среднем получает тепла больше в пахотном слое на 245 °С, на глубине 0,4 м – на 260 °С, 0,6 м – на 360°;

- оптимальный температурный режим в течение вегетационного периода складывается при интенсивном осушении. Так, при 1,5 м уровне грунтовых вод в лизиметрах торфяная почва получила тепла больше, чем при 0,5 м на глубине 0,2 м – на 291 °С и на 0,4 м – на 336°;

- увеличение в корнеобитаемой зоне периода с эффективными температурами на 15-18 дней;

- повышение урожайности многолетних трав до 20%. Максимальная урожайность сена многолетних трав (1,04 кг/м²) формируется при метровом уровне грунтовых вод. Снижение урожайности от переувлажнения значительно больше (20,2%), чем от недостатка влаги (11,5%) в отдельные засушливые периоды на фоне интенсивного осушения;

- повышение экономической эффективности минеральных удобрений за счет уменьшения выноса питательных веществ, особенно азота (на 7-13%) и калия (на 15-26%);

- возможность проектирования и строительства более редкой регулирующей сети ввиду того, что осушительная система напряженно работает на сброс не весной, а в течение двух месяцев в конце вегетации и осенью.

Необходимая глубина залегания грунтовых вод обеспечивается при использовании дренажа на болотах низких надпойменных террас и открытых каналов на торфяниках водоразделов. После создания благоприятных условий водно-воздушного режима наиболее важной задачей высокопродуктивного освоения торфяных почв является обеспечение растений достаточным количеством питательных веществ. В отличие от минеральных почв резкого подъема продуктивности торфяников можно добиться без внесения органических удобрений, применяя одни только минеральные.

Нами установлено, что без применения удобрений недополучают до 80-95% урожая, т.е. не представляется возможным окупить вложенные средства на проведение мелиоративных ме-

роприятий. Согласно отчетным данным, в последние годы на осушенные земли минеральные удобрения практически не вносятся. Отсюда нетрудно сделать вывод, объясняющий в значительной степени низкую урожайность [9].

Питательные вещества в торфяных почвах находятся в основном в форме прочных органических соединений и доступны растениям только после минерализации торфа. Поэтому на первой стадии окультуривания торфяных почв важнейшей агрохимической проблемой является повышение биологической активности с целью ускорения высвобождения питательных веществ. Необходимо подчеркнуть, что при минерализации торфа образуется сравнительно большое количество доступного азота. Но несмотря на это практически во все годы есть потребность вносить дополнительное количество минерального азота удобрений (табл. 3). Многолетние травы используют около 40% азота из удобрений и 60% – из почвы. В процессе минерализации торфа высвобождается незначительное количество фосфора и калия. Причиной такого положения является низкое их валовое содержание, которое обычно не превышает 0,1-0,2% для фосфора и 0,03-0,1% для калия. В период освоения из питательных веществ в большинстве торфяников (кроме вивианитовых) в первом минимуме находится фосфор. На основании многолетних исследований нами был сделан вывод о том, что торф нельзя рассматривать как источник фосфорного питания [10].

Таблица 3

Вынос азота урожаем сена многолетних трав из среднемощной торфяной почвы (среднее за 15 лет), кг/га

Вариант	Средняя урожайность, т/га	Содержание азота, %	Вынос урожаем	
			всего	из почвы
без удобрений	1,95	2,40	44	44
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	7,46	1,94	145	85

В то же время, несмотря на низкие валовые запасы калия в торфе, потребность в нем в первые годы освоения удовлетворяется в основном за счет самой почвы, т.к. он почти весь нахо-

дится в доступной для растений форме. Переход калия в обменное состояние ограничивается отсутствием в торфяной почве двух-трехслойных минералов типа каолинита и монтмориллонита.

На староосвоенных (свыше 5 лет) торфяных почвах потребность в калии резко возрастает, и его необходимо вносить в полной дозе, рассчитанной на получение запланированной урожайности. Нарушение этого принципа в сторону превышения доз способствует чрезмерному накоплению калия в продукции, что снижает ее качество.

Дозы минеральных удобрений под различные культуры на торфяных почвах еще требуют уточнения, но проведенные исследования показали, что под однолетние и многолетние травы следует вносить по 45-60 кг действующего вещества азота и фосфора. Под картофель и капусту дозы азотных удобрений возрастают до 120 кг, фосфора – до 90-100 кг и калия – до 150 кг действующего вещества на гектар [11].

Минеральные удобрения на торфяных почвах обеспечивают самую высокую прибавку урожайности всех выращиваемых культур. Каждый килограмм действующего вещества туков дает по 15-20 кг кормовых единиц (табл. 4). Этому способствует хорошая влагообеспеченность культур в течение всего вегетационного периода, независимо от количества выпадающих осадков, и высокое содержание в почве углекислоты – основного сырья для фотосинтеза.

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений на урожайность сена многолетних трав на среднемощной торфяной почве (среднее за 15 лет), т/га

Вариант	Первый укос		Второй укос		За два укоса	
	урожайность	%, к контролю	урожайность	%, к контролю	урожайность	%, к контролю
без удобрений	1,24	100	0,71	100	1,95	100
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	3,13	252,4	1,92	270,4	5,05	259,0
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	3,99	321,8	2,59	364,8	6,58	337,4
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,22	340,3	3,24	456,3	7,46	382,6

Большое разнообразие природы осушаемых болотных массивов обуславливает формирование своеобразного питательного режима. Все это должно учитываться, однако почти все хозяйства не располагают агрохимическими картограммами осушаемых земель. Это заставляет применять минеральные удобрения вслепую, не получая соответствующего прироста урожая.

В рациональном использовании плодородия осушаемых торфяных почв важная роль принадлежит возделываемым культурам. На осушаемых болотах лучше всего создавать культурные луга.

Нормально осушаемые торфяные почвы должны использоваться в севооборотах. На осушаемых торфяниках самыми перспективными являются лугово-кормовые севообороты.

При разработке севооборотов необходимо учитывать следующее:

- при слабой степени разложения (до 20%) торфа целесообразно вводить чистые пары;

- во избежание чрезмерного распыления почвы и сильного засорения однолетними и особенно многолетними сорняками не допускать возделывания однолетних культур более 2-х лет подряд;

- отдавать предпочтение культурам, предъявляющим повышенные требования к влаге и азотной пище, особенно во второй половине вегетации;

- в составе травостоев лугового периода должны преобладать злаки, которые более полно используют запасы доступного азота;

- не менее половины всей площади в севооборотах целесообразно отводить под многолетние травы;

- не следует включать в один севооборотный массив болотные и минеральные почвы в связи с различной структурой посевных площадей и чередованием культур для торфяных и минеральных почв [12].

Значительная часть осушаемых земель в сибирском регионе используется под естественные сенокосы, продуктивность которых не превышает 10-12 ц/га сена. Низкая продуктивность естественных сенокосов обусловлена тем, что осушение корен-

ным образом изменяет условия водного режима, в связи с чем растительность, произраставшая до этого, исчезает, а заселение видами, приспособленными к изменившимся условиям среды, происходит медленно. Поэтому болотные сенокосы, несмотря на вложенный труд и средства на осушение, не только не повышают своей продуктивности, а наоборот, понижают ее.

Урожай многолетних трав на болоте во многом зависит от качества залужения. Многолетние травы предъявляют повышенные требования к предшественникам. Лучшими предшественниками в кормовых севооборотах при посеве в чистом виде в летние сроки являются однолетние травы и озимая рожь, выращиваемые на сено или зеленый корм.

Доказана возможность выращивания многолетних трав и в качестве первой культуры по вновь освоенной целине, без предварительных культур, однако лишь при условии тщательной разделки пласта и планировки поверхности. Более надежные результаты дает посев трав после выращивания на целине в течение одного-двух лет однолетних культур.

При залужении болот необходимо высевать злаковые или злаково-бобовые травосмеси, которые эффективнее используют питательные вещества и влагу почвы, чем чистые посевы. Кроме того, высокая плотность травостоя в смешанных посевах обуславливает меньшую засоренность сорняками, препятствует внедрению видов местной дикорастущей флоры.

Бобовые травы растут удовлетворительно на незатапливаемых участках с уровнем залегания грунтовых вод не менее 80-100 см. Среди всех испытуемых в наших опытах видов трав и травосмесей наибольшая урожайность сена получена от травосмесей, в состав которых включались кострец безостый и тимфеевка луговая. В среднем урожайность сена составила 80-100 ц/га.

Залужение почв сдерживается недостатком семян трав. Поэтому улучшение семеноводства трав будет способствовать созданию высокопродуктивных кормовых угодий как на богарных, так и осушаемых землях. Необходимо подчеркнуть, что на осушаемых торфяных почвах можно успешно выращивать не только зеленую массу, но и высокие урожаи семян злаковых трав. Семеноводство многолетних трав на торфяных почвах со-

кращает срок окупаемости капитальных вложений на мелиорацию в 2-3 раза, поэтому является одним из важных путей повышения их экономической эффективности.

Из силосных культур лучшие результаты нами получены при возделывании подсолнечника, урожайность которого составляет 50-65 т/га. Попытка выращивания кукурузы не дала положительных результатов.

При выращивании на торфяных почвах улучшаются семенные качества картофеля, уменьшается поражение вирусными болезнями. Поэтому торфяные почвы могут использоваться для ведения семеноводства картофеля. Целесообразно расширить посадки картофеля на торфяных почвах для технических целей. Эта культура, поддающаяся полной механизации, даже при пока малой урожайности дает наибольший выход продукции с гектара. При устойчивом водном режиме торфяных почв картофель можно выращивать для продовольственных целей.

Результаты многолетних исследований позволили установить, что на осушаемых торфяных почвах можно успешно выращивать высокие урожаи (450-650 ц/га) капусты без полива в любой по увлажнению год. Расчеты показывают, что себестоимость капусты, выращенной на торфяных почвах без полива, ниже в 1,5 раза, чем на орошаемых землях. Для этой цели необходимо использовать низкозольные торфяные почвы мощностью не менее одного метра, которые содержат в себе 500-600 мм продуктивной влаги. Практические возможности для вовлечения торфяных почв с целью выращивания капусты имеются вокруг всех основных промышленных центров региона.

Многолетний производственный опыт и результаты научных исследований показывают, что зерновые культуры плохо удаются на торфяных почвах. На нормально осушаемых землях полноценное зерно (1,5-2,0 т/га) устойчиво формирует только озимая рожь. Овес и ячмень дают зерно не устойчиво. Основной причиной этого являются весенне-летние радиационные заморозки. Наиболее удовлетворительные условия для выращивания серых хлебов складываются на мелкозалежных торфяных почвах. С целью увеличения вегетационного периода рекомендуется производить посев по таломерзлой почве. В условиях Западной Сибири этот агроприем дает неустойчивые

результаты, т.к. всходы часто попадают под сильные апрельские и майские заморозки, из-за чего происходит сильное их изреживание, а иногда и гибель. Кроме жестких гидротермических условий, важной причиной, сдерживающей посев зерновых культур, является отсутствие сортов, выведенных для возделывания на торфяных почвах.

Материалы наших исследований свидетельствуют о том, что самые высокие и устойчивые урожаи всех сельскохозяйственных культур на торфяных почвах формируются при внесении добавок минерального грунта (табл. 5). Помимо прямого положительного влияния на водный, тепловой, питательный режим и культурные растения, минеральные добавки вызывают повышение несущей способности почвы, что обеспечивает лучшую проходимость машин и сельскохозяйственных агрегатов, снижает опасность пожаров и ветровой эрозии, улучшает сепарацию торфа при комбайновой уборке картофеля.

Таблица 5

**Влияние глубины вспашки и минеральных удобрений
на урожайность картофеля и ячменя
на торфянисто-глеевой почве (среднее за три года), т/га**

Глубина вспашки, см	Картофель		Ячмень	
	без удобрений	N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	без удобрений	N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀
22	26,69	30,68	2,02	1,55
27	29,15	32,90	2,26	1,65
32	30,11	35,34	2,43	1,75
37	32,45	36,07	2,73	1,90
НСР ₀₅	4,1	1,9	0,4	0,2

Метод улучшения торфяных почв путем добавки минерального грунта не рекомендуется применять на пойменных болотах с зольностью торфа более 20%. В качестве добавок минерального грунта могут быть использованы пески, супеси, суглинки и глины (кроме случая с возделыванием картофеля). Основные требования к добавляемым грунтам – отсутствие вредных для сельскохозяйственных растений закисных соединений, нейтральная реакция среды, относительная однородность по

гранулометрическому составу. Кроме того, при выборе грунта целесообразно отдавать предпочтение породам с повышенным содержанием макро- и микроэлементов, необходимых для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Расчеты показывают, что при проведении припашки подстилающего минерального грунта у торфянисто-глеевых почв можно увеличить расстояния между осушительной сетью на 20-35%, а во многих случаях вообще отпадает необходимость в систематическом закрытом дренаже. Одним словом, речь идет о принципиально новом направлении мелиорации и использования торфяных почв. В условиях Сибири с жесткими гидротермическими условиями эффективность глубокой вспашки торфяников выше, чем в Европейской части страны.

Эффективность освоения и рационального использования осушаемых земель связана не только с технологическими, но и организационными проблемами. Организационно, как правило, хозяйства слабо подготовлены к освоению осушаемых земель. Здесь сказывается, прежде всего, то обстоятельство, что мелиорация болот осуществляется локально. Решение всех с ней связанных проблем, часто весьма сложных и всегда новых, замыкается в одном, в лучшем случае в 2-3 хозяйствах административного района. Незначительный удельный вес осушаемых земель и предопределяет несоответствие организационного уровня сложности этих проблем. Исходя из этого, одним из путей повышения эффективности использования осушаемых земель, прежде всего, является концентрация мелиорации территориально. Этим будет создана предпосылка для надлежащей организации службы эксплуатации осушительных систем, которая в настоящее время работает слабо. Кроме того, осушение крупных массивов (1-1,5 тыс. га) позволит широко использовать бригадный подряд по выращиванию сельскохозяйственных культур. Постоянная работа на осушаемых землях позволяет лучше и быстрее освоить специфические особенности торфяных почв. Перспективной формой организации производства кормов на крупных мелиоративных системах является создание межхозяйственных объединений.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что торфяные почвы Западной Сибири следует считать существенным резер-

вом производства сельскохозяйственной продукции. Повышение их плодородия должно быть основано на комплексе приемов: осушительной мелиорации, внесении минеральных удобрений, обогащении добавками минерального грунта, способствующих оптимизации водного, теплового и питательного режима, а также подбора сельскохозяйственных культур, наилучшим образом реализующих потенциальные возможности этих почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2001. 400 с.
2. Лукин С.М. Торфяные почвы и осушенные болота России: экологические функции, использование в сельскохозяйственном производстве и модернизации АПК Сибири. Новосибирск: ГНУ Сиб НСХБ, 2012. С. 43-54.
3. Перспективы развития мелиорации земель в России. М.: МГУП, 2011. 54 с.
4. Гулюк Г.Г. Становление и развитие мелиорации в России // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. №3. С. 4-6.
5. Моторин А.С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири. Новосибирск: РАСХН, 1999. 281 с.
6. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: справочник / под ред. академика РАСХН Б.С. Маслова. М.: Ассоциация ЭкоСт, 2001. 606 с.
7. Калинин В.М., Моторин А.С. Водный баланс и режим осушаемых низинных торфяников Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1995. 176 с.
8. Моторин А.С., Калинин В.М. Способ регулирования водного режима длительно сезонно-мерзлотных торфяных почв (а.с. № 1184451).

Л.В. БЕРЕЗИН, д-р с.-х. наук, профессор

Омский ГАУ, Омск

М.Р. ШАЯХАМЕТОВ, канд. биол. наук

АВН, Омск

**КОСМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ –
НОВЫЙ ПУТЬ ОЦЕНКИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ
И РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ
ПО МЕЛИОРАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЮ УДОБРЕНИЙ**

Космическая информация, используемая для оценки плодородия почв, является важным элементом «точного земледелия». На её основе удаётся не только давать качественную оценку земель, но и разрабатывать мелиоративные приёмы борьбы с солонцеватостью и засолением почв, подтоплением и орошением. Методика, разработанная почвоведом ОмГАУ, использована при составлении электронной карты земельных угодий на территории 32 районов Омской области. Полученные материалы используются при оценке почвенного покрова и разработке систем применения удобрений и мелиоративных приёмов.

Разработка методики почвенного использования космической информации, обусловленная упразднением с 2000 г. государственной почвенной службы России, позволила существенно изменить все методы земельного, почвенного и агрохимического обследования [1].

Первая попытка 2004 г. маршрутного обследования земельных угодий вдоль границы Казахстана и России на 100 км с использованием снимков космических аппаратов (КА) США «Landsat-7» среднего разрешения (30 м/пикс) оказалась неудачной. Спутниковые навигаторы не выявили очевидных изменений мезорельефа, не говоря о микрорельефе, на снимке по сравнению с крупномасштабными почвенными картами хозяйств М :25000, не выявлялись явные изменения почвенного покрова, вызванные дефляцией.

Более современными навигаторами с точностью 1,5-2,5 м удавалось оценить характер мезорельефа в степной зоне. Но и

применяя более современные навигаторы, мы не смогли в условиях Западно-Сибирской равнины использовать стандартную методику оценки почвенного покрова на основе цифровой модели рельефа, принятую в большинстве государств и в Европейской части России [2, 3].

Лишь КА Японии «ALOS» с разрешением 10 м/пикс позволил обнаружить произошедшие изменения типов почвы, и только переход на снимки КА Германии «RapidEye» (с разрешением 5-6 м/пикс) позволили решить обе задачи: выявление мезорельефа и рода (а во многих случаях и вида) почвы. В последние два года предпочтение мы стали отдавать новейшим снимкам России (Канопус-В и Ресурс-П) и Европейского космического агентства «Planet Scope» с разрешением от 2,5 до 5-6 м /пикс. В 2017 г. Англия запустила новейший КА «Sentinel» двух модификаций, отличающихся бесплатным скачиванием через Интернет, а главное, 13 каналами одновременно в двух разрешениях 10 и 20 м/пикс. Это позволяет при тех же условиях, как и при использовании стандартных снимков, получить большую цветовую гамму отражения наземных объектов и детально показать динамичность площади и качества земельных угодий. В настоящее время ряд муниципалитетов Омской области стал вместо снимков КА «Landsat-8» использовать снимки КА «Sentinel».

Суть указанных выше разнообразных космических аппаратов не столько в разрешении, которое диктуется целями использования космической информации, сколько в необходимости оперативного выявления изменения состояния плодородия реальных отдельных почвенных массивов, таких как изменение солонцеватости почвы, подтопления и т.п.

При этом особое внимание уделяется землям мелиоративного фонда. В частности, интенсивно используемые орошаемые либо переувлажненные вследствие подтопления (хоть глобального вследствие подъема подземных вод, хоть под влиянием паводковых вод) характеризуются увеличением поглощенной части красного канала спектра солнечной радиации. Подобно им различаются массивы разного уровня грунтовых вод и массивы различной степени избыточного увлажнения. При этом, с другой стороны, массивы орошаемых земель, остро нуждающи-

еся в очередном поливе, характеризуются снижением доли длинноволнового канала солнечного спектра. В этих целях применяется сочетание результатов дешифрирования космических снимков высокого разрешения (не более 10 м/пикс) при использовании программного комплекса Adobe Photoshop and ENVI. Оказалось, что наиболее наглядно эти результаты проявляются при расчетах пирамиды Архимеда, в которой вертикальная ось соответствует общей величине светопоглощения, а углы определяются различиями доли коротко- и длинноволновой поглощенной части солнечного спектра. При оптимальном состоянии режима увлажнения обнаруживается равнобедренный треугольник. Нарушение оптимальности в любую сторону сразу сигнализируется изменением того или иного угла.

Этот же треугольник свидетельствует об отличиях вида почвы по сравнению с черноземом, либо иной типичной зональной почвы. Например, при сравнении подзолистых почв, солонцов, солончаков, луговых почв либо почв, подверженных эрозионным процессам.

Эта методика сможет эффективно использоваться при изучении всех типов мелиорации: гидротехнической, лесомелиоративной, химической и агротехнической. Но для этого должны применяться космические снимки высокого и сверхвысокого разрешения при наличии не только трех видимых каналов: red, grin and blau, но в обязательном порядке также длинноволновый энергетически насыщенный инфракрасный канал.

В текущем 2018 году на основании приказа Министра сельского хозяйства Омской области по 3 специалиста каждого административного района прошли специализированные недельные курсы на кафедре агрохимии и почвоведения Омского ГАУ (а часть студентов Омского ГАУ, Уфы и Красноярска – двухнедельные курсы). На этих курсах они научились копировать космические снимки своего или изучаемого района. Теперь специалисты каждого из 32 районов Омской области, используя свободный неоплачиваемый допуск Интернета к космическим снимкам ряда фирм, имеют возможность при повторной съемке любого поля раз в неделю, а в ряде случаев и два-три раза в неделю, оперативно сопоставлять разновременные снимки и выявлять по составу каналов отраженного спектра солнечной ра-

диации произошедшие изменения состояния почвенного и растительного покрова не только в разные экономически различающиеся годы, но и в течение текущего вегетационного периода.

В частности, сопоставляя снимки одного и того же поля, полученные даже КА «Landsat-8», осенью и весной удается подсчитать площадь избыточно увлажненных земель в пределах района либо муниципалитета. Сопоставляя снимки этого же аппарата за 1992 и 2017 гг. в пределах одного административного Саргатского района, расположенного в Среднем Прииртышье в зоне северной лесостепи, нам удалось установить пять групп муниципалитетов по характеру почвенного покрова, мезорельефа, типа преобладающих солонцовых и переувлажненных пахотных земель, залесенности и площади сенокосов и пастбищ, включая залежные массивы.

Пока мы не изучали динамику спектра поглощения массивов, удобренных различными видами удобрений. Роль азота, как установлено многими специалистами, выявляется достаточно легко. Но роль фосфора и сочетания его с азотом и калием, судя по научным публикациям, требует серьезной проработки. Без этого решить проблему «точного земледелия» невозможно, как до сих пор не удалось добиться и автоматического почвенного картографирования, хотя исследования в этом направлении проводятся с начала 80-х годов истекшего века специалистами многих стран, в том числе учеными Москвы, Киева и Санкт-Петербурга.

Главная особенность выявляемых изменений основана на анализе спектра отражения отдельных наземных объектов при обязательном сопоставлении коротковолновой (сине-зеленой) части спектра с длинноволновой ее частью (красной доли поглощенной части почвенным покровом, дальней красной и инфракрасной ближней и, желательно, средней) [4, 5]. При этом основное внимание оператор должен уделить динамике инфракрасной части спектра отражения, которая зависит от динамики растительного покрова и влажности изучаемого почвенного покрова.

В настоящее время основное внимание группы почвоведов, кандидатов биологических наук М.Р. Шаяхметова и А.М. Гиндемит, а также аспирантов Н. Клейн, М. Балуква, А. Федина и Е. Лабода, ряда молодых ученых других кафедр универ-

ситета, уделяется сопоставлению спектра солнечной радиации, поступившего на земные объекты и отраженные ими. Зная, что растительный покров поглощает от 0,5 до 5% ФАР, т.е. поступившей энергии солнечного луча, мы ставим задачу установить распределение 95% доли поглощенной почвой энергии на формирование гумуса, поглощение и передвижение в почве влаги и доступных элементов питания. Решение такой задачи, находящейся в стадии исследования, позволит с совершенно новых позиций решать проблемы мелиорации земель, обработки почвы и системы удобрений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Способ агрохимического обследования почв / Л.В. Березин, М.Р. Шаяхметов, В.М. Красницкий, А.Г. Шмидт. Патент РФ № 2 5572 712. Приоритет 28.03.2014. Оpubл. 20.01.2016. Бюл. № 2.
- 2 Березин Л.В., Карпачевский Л.О. Инновационные технологии почвоведения и агрохимии: учебное пособие. Кн. 1. Современные проблемы инновации в почвоведении. Омск: ОмГАУ, 2012. 200 с.
3. Применение отражательной способности агроценозов при почвенном дешифрировании мультиспектральных космических снимков / Л.В. Березин, М.А. Ли, Н.М. Невенчанная [и др.] // Материалы докладов VI съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2012. Кн. 1. С. 233-235.
4. Шаяхметов М.Р., Березин Л.В. Методологические основы изучения природно-ресурсного потенциала региона // Омский научный вестник. №1 (108). 2012.
5. Березин Л.В., Шаяхметов М.Р. Применение методов ДЗЗ и ГИС для оценки потенциала поглощения солнечной энергии агроценозов // Geomatics № 2(19). 2013 . С. 87-90.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

УДК 631. 811

Ю.И. ЕРМОХИН, д-р с.-х. наук, профессор

А.В. СИНДИРЕВА, д-р биол. наук

Омский ГАУ, Омск

О ВЗАИМОСВЯЗЯХ В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Известно, что биосфера включает в себя несколько компонентов: атмосферу, литосферу, гидросферу, живое вещество и педосферу (почвенный покров). Все эти компоненты не только взаимосвязаны между собой, взаимодействуют друг с другом, но и организованы по одному принципу. При функционировании все компоненты биосферы связаны между собой на всех уровнях, что и обеспечивает функционирование биосферы в целом. Следовательно, для функционирования биосферы необходимо не только наличие всех компонентов, но и нормальное функционирование каждого из них. Отсутствие или нарушение одного из них приводит к разрушению биосферы как системы.

Остановимся на главных компонентах биосферы – почве и растениях, основе жизни и благополучия людей. При рассмотрении химической ситуации на почве и растении нужно в историческом плане учитывать геохимические и биохимические провинции, с которыми человек неразрывно связан, в которых он живет, фоновое химическое состояние почвы и растений, воздуха и воды, а затем те «придержки», «нормативы» – ПДК и ОДК, которые почему-то часто меняются и потому не являются строго обязательными. В действительности ни один живой организм в свободном состоянии на земле не находится. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны, прежде всего, дыханием и питанием с окружающей их материально-энергетической средой. Вне ее природных условий они суще-

ствовать не могут. Живой организм (в частности растения) – это то место, где биогенные и токсичные вещества встречаются. Здесь разыгрывается некая «химическая драма», и каков будет её итог, мы с вами часто предсказать не можем. Поэтому нужны критерии, оценивающие опасность среды, и методика, способствующая предсказывать накопление чужеродных веществ в почве и растениях, и конкретные рекомендации к их снижению.

Сегодня биологическую опасность среды чаще всего оценивают на основании корреляции между данными медицинской статистики и загрязнением среды. Однако, такая статистика (методика) фиксирует уже результат. Важно предсказать опасность среды, значит, нужно разрабатывать более гибкую систему оценок. Приоритетное значение в настоящее время приобретает учение об элементах и элементном составе почвы и растений. Нормальное развитие растительного организма связано с генетическим постоянством элементного состава как отдельных его органов, так в целом организма (табл. 1).

В таблице 1 показаны ряды поглощения химических элементов различными видами растений на естественном фоне возделывания. Поглощенные растением элементы представлены в убывающем ряду, что дает возможность оценить их количественную характеристику.

Таблица 1

**Ряды накопления микроэлементов растениями
сельскохозяйственных культур**

Культура	Фаза развития	Орган	Ряд накопления микроэлементов
кукуруза	5-6 листьев	растение	Fe>Al>Mn>Sr>Zn>Cu>Br>Ni>Rb
	7-8 листьев	растение	Fe>Al>Mn>Zn≥Sr>Br>Cu≥Rb>Ni
	уборка	растение	Fe>Al>Mn>Zn>Sr>Br>Cu>Rb>Ni
сахарное сорго	кущения	4-5 лист	Fe>Al>Mn>Sr>Zn≥Br>Ni>Cu>Rb
	ВЫХОД в трубку	3-4 лист	Fe>Al>Mn>Sr>Br≥Zn>Ni>Cu≥Rb
	молочно-восковая спелость	3-4 лист	Al>Fe>Sr>Mn>Zn≥ Br>Cu
		растение	Fe>Al>Mn>Sr>Zn>Br>Ni>Rb>Cu

Культура	Фаза развития	Орган	Ряд накопления микроэлементов
суданская трава	4-5 листьев	3-4 лист	Al>Fe>Mn>Sr>Zn>Cu≥Br>Rb≥Ni
	ВЫХОД в трубку	3-4 лист	Fe>Al>Mn>Sr≥Zn>Br>Rb≥Ni≥Cu
	МОЛОЧНО ВОСКОВАЯ СПЕЛОСТЬ	растение	Fe≥Al>Mn>Sr>Zn>Br>Rb≥Cu>Ni
брюква	6-8 листьев	внешний лист	Al>Sr≥Fe>Mn>Br≥Zn>Cu
	8-10 листьев	внешний лист	Al>Fe≥Sr>Mn>Br>Zn>Cu
	утолщения	внешний лист	Sr>Al≥Fe>Mn>Br>Zn>Cu
	уборка	ботва	Fe>Sr>Al>Mn>Br>Zn>Cu
корнеплод		Al>Fe>Sr>Zn>Mn>Br>Cu	
столовая свекла	8-10 листьев	внешний лист	Fe>Al>Mn>Sr>Zn>Br>Cu
	уборка	ботва	Fe>Al>Mn>Sr>Br>Zn>Cu
		корнеплод	Fe>Al>Mn>Sr>Zn>Br>Cu
редька	8 листьев	внешний лист	Fe>Al>Sr>Mn>Br>Zn>Rb>Ni≥Cu
	уборка	ботва	Fe>Al>Sr>Br>Mn>Zn≥Rb>Ni>Cu
		корнеплод	Fe>Al>Sr>Zn>Br≥Mn>Rb>Ni≥Cu
редис	уборка	корнеплод	Al>Fe>Sr>Zn>Br>Mn>Rb≥Ni>Cu
лук репчатый	4-5 листьев	листья	Fe>Al>Mn>Br≥Sr>Zn>Ni>Rb>Cu
	5-6 листьев	листья	Al>Fe>Mn>Sr>Br>Zn>Rb>Cu>Ni
	6-8 листьев	листья	Al>Fe>Mn>Sr>Br>Zn>Rb>Cu>Ni
	уборка	листья	Fe>Al>Mn>Sr>Ni>Br>Zn>Cu≥Rb
		луковица	Fe>Al>Mn>Zn>Sr>Br>Ni>Cu>Rb
картофель	цветение	листья	Fe>Al>Mn>Br>Sr>Ni>Zn>Rb>Cu
	уборка	ботва	Fe>Al>Mn>Ni>Sr>Br>Zn≥Rb≥Cu
		клубни	Al>Fe>Zn>Rb>Br>Mn>Ni≥Cu≥Sr

Следует заметить, что создавая на Земле жизнь, природа чрезвычайно рачительно распорядилась «строительным материалом», в состав живого вещества входят почти все элементы таблицы Д.И. Менделеева. Удивительно, что содержание этих элементов в живом веществе соответствует их содержанию на Земле, и каким образом в процессе эволюции природа выбрала и приспособила для своих целей все эти элементы, встречающиеся в Земной коре в ничтожных количествах. Эти элементы неизменно входят в состав небольшого числа соединений, содержащихся в совершенно определенных органах и в гармоническом сочетании, выполняющих вполне конкретную роль.

В настоящее время известно, что нормальное развитие растительного организма связано с генетически запрограммированным динамическим постоянством его элементного состава. Любые нарушения этого состава, в особенности ионного равновесия химических элементов в конкретных растениях и определенных фазах роста и развития, связанные с дефицитной или избыточной концентрацией того или иного элемента в почве, приводят к снижению формирования биомассы урожая и качества.

Химический элементный состав растений является функцией не только генетического и возрастного фактора, но и экологического, антропогенного воздействия. В действительности ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится. Все эти элементы неразрывно и непрерывно связаны, прежде всего, питанием и дыханием с окружающей их материально-энергетической средой. Вне ее природных условий они существовать не могут. Поэтому большое внимание в настоящее время следует уделять проблеме целенаправленного изменения элементного химического состава растений путем управления круговоротом и балансом наибольшего числа элементов и ксенобиотиков в системе «почва-растение-животное» с учетом специфики растений, биохимической провинции, технологии выращивания. Для решения поставленных задач, нами на протяжении пятидесяти лет разрабатывался в условиях Западной Сибири комплексный метод «ИСПРОД» (интеграционная система почвенно-растительной оперативной диагностики), позволяющий отойти от простой констатации данных отдельно

полученных почвенных химических анализов, простого эмпиризма полевых опытов в области применения удобрений и подняться на уровень научного прогнозирования величины урожая и его качества [1].

В основе разработки комплексного метода «ИСПРОД» положена методология прямой и обратной (ответной) связи в системе «удобрение (x, кг/га) ↔ почва (y, мг/кг) ↔ растение (z, %, мг %) ↔ урожай, качество (Q)». Введение элементов в почву под растения (ввод) – исследователи осуществляют идентификацию ответной реакции почвы и растения («отклик»). При этом часто оперируют концентрацией тех элементов, которые были введены в систему, используя функциональные зависимости между двумя показателями при прямолинейном характере связи, не учитывая измененный параметр (отклик) обратной связи в поиске равновесия минеральных элементов в почве и растении и их влияния в дальнейшей системе: «...↔ урожай и качество (Q)».

Удобрение, внесенное в почву под растение, является посредником между двумя законами земледелия – законами минимума и максимума, характеризующими недостаток или избыток каких-либо усвояемых растением элементов почвы, влияющих на эффективность ряда элементов, вследствие чего снижается или увеличивается доходность и качество урожая.

В исследованиях ряда агрохимических учреждений до сих пор не учитываются сложившиеся фактические соотношения в почве между макро- и микроэлементами, которые особенно влияют на эффективность применения классических макро- и микроудобрений.

Так, на черноземных, лугово-черноземных почвах (не карбонатных): для зерновых, овощных, кормовых, масличных культур, корнеклубнеплодов и лекарственных трав оптимальное сбалансированное питание по азоту фосфору и калию оценивается не только количественными характеристиками содержания этих элементов в почве, но качественными параметрами (соотношениями) в слое почвы 0-30 и 0-40 см (уравнение 1): стандартный метод:

$$P_2O_5 \text{ мг/кг} = N-NO_3 \text{ мг/кг} = K_2O \text{ мг/кг} \quad (1)$$

При использовании 2%-ной CH_3COOH вытяжки (по методу Ермохина Ю.И.) – ионное равновесие в почве характеризуется уравнением (2):

$$\text{P}_2\text{O}_5 \text{ мг/кг} = 2,2 \text{ N-NO}_3 \text{ мг/кг} = 0,8 \text{ K}_2\text{O} \text{ мг/кг}; \quad (2)$$

Согласно этому методу, при использовании 2% CH_3COOH вытяжки в почве одновременно определяются до 9 элементов питания растений, которые рассчитаны при оценке питания сорока сельскохозяйственных культур и эффективности удобрений на величину и качество урожая. При оценке почвогрунтов для теплиц (огурцы и томаты) сбалансированное ионное равновесие оценивается уравнением (3) – стандартные методы анализа почв и уравнение (4) – 2%-ная уксуснокислая вытяжка:

$$\text{P}_2\text{O}_5 \text{ мг/100г} = 3 \text{ N-NO}_3 \text{ мг/100г} = \text{K}_2\text{O} \text{ мг/100г}; \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{N-NO}_3 \text{ мг/100г} &= 1,6 \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ мг/100г} = \\ &(1,2-1,6) \text{ K}_2\text{O} \text{ мг/100г}; \end{aligned} \quad (4)$$

Исходя из методов определения подвижных форм элементов питания в почве, параметров и критериев, установленных в одном и том же слое почвы 0-30 см, для конкретных величин формирования урожайности и его качества обязательно учитывается равновесие элементов в почве, которое влияет, в связи с антагонизмом и синергизмом ионов в почве, на поступление питательных веществ в растение.

Согласно уравнениям 1-4, на одну часть N-NO_3 в почве перед посевом или посадкой культурных растений должно приходиться, соответственно, до 10; 2,2; 3 частей фосфора (P_2O_5), а калия в соотношении: P_2O_5 : K_2O =1; 0,8;1.

В условиях теплиц (в грунте) соотношение между $\text{N-NO}_3/\text{P}_2\text{O}_5$, определенное с помощью 2%-ной уксуснокислой вытяжки, меняется и равно 1,6, т.е., согласно уравнению (4) содержание нитратного азота должно превышать P_2O_5 в грунте в 1,6 раза.

Нарушение оптимального сбалансированного элементного состава почвы сказывается на поступлении ряда элементов пи-

тания в растения. Так, при превышении содержания P_2O_5 в лугово-черноземной почве более чем в 10-20 раз по отношению к нитратному азоту (слой 0-30 см), содержание F (в мг/кг сухого вещества) в листьях столовой свеклы увеличилось в 1,9 раз ($r=0,99$), в ботве – в 2,1 раз ($r=0,92$), в корнеплодах – в 1,9 раз ($r=0,52$). Одновременно содержание Cu в этих же органах столовой свеклы возрастало соответственно в 1,8; 1,6; 1,5 раза.

При возделывании картофеля на обыкновенном черноземе при уровне содержания в почве, мг/кг: N- NO_3 – 300, K_2O – 100, а подвижного фосфора 200, 400, 600, – поступление в надземную биомассу картофеля Ca увеличивалось с 4,1 до 4,3 г/кг сухой массы, а стронция (Sr) – с 9,02 до 20,3; 26,9; 37,0 мг/кг, которые указывали на следующее антагонистическое соотношение Ca/Sr, равное 454, 211, 160, 116.

Конкретные аспекты взаимодействия между внесением доз N, P, K как источниками питания и Cu, Zn, Mg в растениях томатов, картофеля, капусты, козлятника восточного, сорговых культур наблюдались в многочисленных опытах на лугово-черноземных, серых лесных почвах.

Несколько приведенных примеров многолетних исследований иллюстрируют, как применяемые классические удобрения (N, P, K) изменяют равновесие минеральных веществ почвы и ведут прямо или косвенно к снижению или увеличению определенных усвояемых элементов.

Возникает необходимость учитывать закон равновесия элементов питания почвы, характеризующий эффективность NPK удобрений, и предложить на основе объединения двух законов «минимума и максимума» один общий закон, который можно назвать, по мнению Ваузена, «Законом равновесия минеральных элементов почвы».

Для поддержания плодородия почвы необходимо учитывать и возвращать не только усвояемые элементы, выносимые урожаем, но так же и такие усвояемые элементы, которые «исчезли» вследствие внесения применяемых удобрений. Выражение «исчезновение» необходимо здесь понимать в наиболее широком смысле, т.е. известные и неизвестные явления, исключаящие или усиливающие тот или иной элемент из усвояемого

или трудно усвояемого состояния в почве под влиянием других элементов, внесенных нами в почву. Классическим примером является удаление осадками магния из почвы после внесения калийных удобрений или вымывание кальция. Азотные удобрения могут вызвать «исчезновение» усвояемой меди в почве с низким содержанием и уменьшением содержания меди в райграсе (Ваузен, 1964). При высоких и избыточных дозах внесения азота (135 и более кг/га) в листьях растений, плодах, клубнях, корнях овощных культур обнаруживается недостаток марганца, меди, цинка и других микроэлементов, т.е. проявляются антагонистические отношения между N:Mn, N:Cu, N:Zn [1-4]. Наибольшим антагонизмом по отношению к азотным удобрениям отмечаются цинк и медь. Высокие дозы фосфора приводили к уменьшению количества меди, марганца в листьях томатов. Ваузен (1964) так же приводит данные, что фосфорная кислота вызывает «исчезновение» из почвы усвояемой меди, а так же цинка. Особенно это проявляется у растений, чувствительных к цинку (лен).

Следует хорошо уяснить, что изучение роли того или иного элемента как в почве, так и в растениях мы проводим часто в отдельности и используем градации обеспеченности почв (высказывание в старой терминологии) отдельно по азоту, фосфору, калию или отдельно по микроэлементам (количественная характеристика уровня содержания элементов в почве нужна). Однако надо всегда помнить, что действие их в организме растений осуществляется всегда в тесной взаимосвязи. Питательный раствор растений должен быть физиологически уравновешенным, т.е. иметь определенное соотношение химических элементов. Согласно исследованиям академика Б.А. Ягодина, физиологически уравновешенным раствором можно назвать такой, в котором элементы питания находятся в таких соотношениях, при которых происходит эффективное их использование растением. Наиболее полное понятие об уравновешенном питании растений было отмечено Люндегордом (1951), который считал, что «уравновешенное питание – это такое, в котором все составляющие его ионы взаимно ограничивают поступление друг друга в растение» [5].

Сегодня в практике прикладной агрохимии принято по установленным градам обеспеченности растений элементами питания почвы (например, азотом) рекомендовать внесение азотных удобрений, не учитывая содержание подвижного фосфора в почве. Именуются градации почвы в старой терминологии «обеспеченность почвы азотом». Фактически для почвы значение уровня содержания этого элемента не имеет значения. Нуждается не почва, а растение. Поэтому обеспеченность растений азотом, его соотношение с другими питательными элементами является одной из основных задач земледелия, поскольку, как отмечает П.А. Власюк (1969), высшие растения (кроме бобовых) не способны использовать свободный азот воздуха, т.к. не в состоянии преодолеть силы сцепления атомов его молекулы. При диагностировании азотного питания растений по разработанным уровням (градам) содержания N-NO₃ в почве, именуемым «обеспеченность почвы азотом», нельзя не обратить внимание еще на один элемент – фосфор. Его значение в жизни растений трудно переоценить. Вот почему в комплексном методе «ИСПРОД» уделяется большое внимание конкретным количественным соотношениям P₂O₅/N-NO₃, характеризующим оптимальное равновесие ионов в почве. Его содержание и соотношение в почве к азоту и другим элементам велико, потому что фосфор начинает поступать в растения на самых ранних фазах их жизнедеятельности. Его обнаруживали в тот период, когда питание растений шло еще за счет материнских запасов семени.

Изучая различные аспекты азотного питания по уровню содержания доступного для растений азота в почве, мы вносим удобрения в почву, которые являются посредниками между двумя законами земледелия. Эти законы максимума и минимума элементов в питании растений, характеризующие недостаток или избыток, претерпевают свои функции как в области равновесия минеральных элементов, так и особенно при разработке физиологических основ минерального питания растений в связи с проблемами антагонизма и синергизма ионов при поступлении их в растения и нарушении соотношения элементов питательного раствора, влияющего на оптимизацию сбалансированного уравновешенного питания растений. В связи с этим при

диагностировании и оптимизации минерального питания растений, эффективности удобрений при коррекции питания по ходу процесса роста и развития, необходимо объединение в «Закон сбалансированного (уравновешенного) питания растений» двух принципов:

- оптимальных уровней содержания элементов питания в органах-индикаторах растений – количественный уровень питания (элемент в %, мг%, мг/кг;

- качественный уровень питания – оптимальное сбалансированное равновесие элементов в период активных фаз роста.

Представленные в таблицах 1-4 уровни и соотношения элементов питания растений строятся на основе многолетних данных полевых, вегетационных, лабораторных и статистических методов, полученных в системе: «удобрение↔ почва↔растение↔животное» с использованием метода обратной связи. Эти уровни и соотношения варьируют в соответствии с ярусом, из которого отбирают образцы листьев для анализа, времени взятия образца, положения листьев на растении, их возраста. Все это свидетельствует о том, что только вовремя и правильно отобранные образцы листьев, а также дополнительно почвы могут характеризовать состояние питания культур.

Уровень питания растений зависит не только от содержания в почве доступных форм, тем более какого-то одного элемента, например, азота или фосфора, но также от взаимосвязи их с другими макро- и микроэлементами.

Листовая (растительная) диагностика во всем мире уже завоевала широкое признание в агрохимической практике сельскохозяйственного производства. Нужно признать, что листовая диагностика в решении проблемы оптимизации минерального питания растений уникальна, т.к. в самом растении, в величине урожая, в химическом составе фокусируются все факторы, «нами управляемые и неуправляемые». Применение удобрений – это узловое звено обсуждаемой проблемы в системе земледелия, имеющей зональные, с ее различными звеньями, особенности и т.д. И вот связующей основой всех этих звеньев системы земледелия являются культурные растения, которые служат источником пищи человека и животных, источником и поставщиком органического вещества в почву.

Таблица 2

**Оптимальное содержание макро- и микроэлементов
в растениях яровой пшеницы**

Элемент питания	Кущение	Выход в трубку	Колошение		Полное созревание	
			целое растение	листья	целое растение	зерно
азот, %	4,5±0,5	3,8±0,4	2,25±0,25	4,25±0,6	1,70±0,2	2,70±0,4
фосфор, %	0,44±0,12	0,41±0,1	0,27±0,08	0,29±0,08	0,24±0,04	0,43±0,07
калий, %	5,2±0,5	5,1±0,5	3,25±0,45	2,8±0,4	1,55±0,3	0,6±0,11
кальций, мг/кг	5080±700	3900±450	2600±500	5300±800	1530±350	450±100
магний, мг/кг	2130±300	1750±300	1500±200	2150±350	1100±120	1200±200
натрий, мг/кг	940±50	405±45	700±50	430±40	410±35	230±25
железо, мг/кг	735±85	520±70	380±60	500±55	340±40	75±15
марганец, мг/кг	90±15	75±10	63±10	100±12	51±10	43±6
цинк, мг/кг	44±5	37±7	31±3	22±2	18±2	30±3
никель, мг/кг	20±2,5	10,5±0,8	12,8±1,5	8,8±1,2	1,2±0,15	0
медь, мг/кг	10,5±1	6,9±0,8	5,1±0,4	9,0±0,6	4,6±0,4	4,5±0,5

Таблица 3

**Оптимальное соотношение между элементами питания
в листьях, зерне и целых растениях яровой пшеницы**

Фазы развития	Соотношение между N и									
	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Ni	Cu
кущение	10,2	0,87	8,86	21,1	47,9	61,2	500	1023	2250	4285
выход в трубку	9,27	0,75	9,75	21,7	93,8	73	507	1027	3620	5507
колошение (цел. раст.)	8,33	0,69	8,65	15	32,1	59,2	357	726	1758	4412
колошение (листья)	14,7	1,52	8	19,8	98,8	85	425	1932	4830	4722
полн. спелость (цел. раст.)	7,08	1,1	11,1	15,5	41,5	50	333	1000	14170	3700
полная спелость (зерно)	6,28	4,5	60	22,5	117	360	628	900	-	6000

Таблица 4

**Оптимальное соотношение химических элементов в растениях
кормовых, овощных культур и картофеля**

Фаза, орган	Оптимальное соотношение
кукуруза (среднепоздний гибрид)	
5-6 листьев, растение	N=11·P=1,4·K=18·Mg= 4,2·Ca=18·S=8,9·Cl, Mn=0,24·Fe=12,6·Ni=6,9·Cu=6,6·Zn=0,58·Al,
7-8 листьев, растение	N=11·P=1,6·K=17·Mg= 6,6·Ca=25·S=8,2·Cl, Mn=0,18·Fe =15·Ni =11·Cu =7,5·Zn=0,41·Al,
сахарное сорго	
кущение, 4-5 лист	N=8·P=1,7·K=6,7·Mg=3,3·Ca=15·S=13·Cl, Mn=0,21· Fe= 6,1·Ni=12·Cu=2,4·Zn= 0,37·Al
выход в трубку, 3-4 лист	N=7,8·P=1,6·K=12·Mg=5,6·Ca=23·S=14·Cl, Mn=0,28·Fe=105·Ni=18·Cu=6,5·Zn=0,21 ·Al,
суданская трава	
4-5 листьев, 3-4 лист	N=7,3·P=1,5·K=36·Mg=3,8·Ca=13·S=13·Cl, Mn=0,52·Fe=52·Ni=14·Cu=2,8·Zn=0,54·Al,
выход в трубку, 3-4 лист	N=7,6·P=2,1·K=19·Mg=5,4·Ca=18·S=12,3·Cl, Mn=0,28·Fe=97·Ni=13·Cu=3,8·Zn=0,4·Al,
брюква	
6-8 листьев, внешний лист	N=9,6·P=0,9·K=1,9·Ca=3,4·S=4,4·Cl, Mn=0,17· Fe=17·Cu=1,9·Zn=0,13·Al,
8-10 листьев, внешний лист	N=8,9·P=K=2,3·Ca=4,5·S=3,5·Cl, Mn=0,16· Fe=31·Cu=2,6·Zn=0,14·Al,
утолщения, внешний лист	N=10·P=K=1,4·Ca=4,1·S=2,4·Cl, Mn=0,23·Fe=19·Cu=2,4·Zn=0,18·Al,
столовая свекла	
4-6 листьев, внешний лист	N=12·P=0,7·K=1,7·Ca=12·S=10·Cl, Mn=0,35· Fe=48,5·Cu=8,1·Zn=0,81·Al,
8-10 листьев, внешний лист	N=11·P=0,6·K=2,6·Ca=11·S=4,8·Cl, Mn=0,33 · Fe=34·Cu=7,5·Zn=0,79·Al,
Редька	
8 листьев, внеш- ний лист	N=12·P=2,3·K=12·Mg=2·Ca=10·S=2,7·Cl, Mn=0,07·Fe=20·Ni=24·Cu=2,2·Zn=0,36·Al,
лук репчатый	
4-5 листьев, листья	N=10·P=0,76·K=18·Mg=2,1·Ca=4,8·S=4,4·Cl, Mn=0,15·Fe=7,9·Ni=16·Cu=3,0·Zn=0,32·Al,

Фаза, орган	Оптимальное соотношение
5-6 листьев, листья	$N=14 \cdot P=0,78 \cdot K=10 \cdot Mg=1,64 \cdot Ca=5,8 \cdot S=4,4 \cdot Cl,$ $Mn=0,33 \cdot Fe=26 \cdot Ni=18 \cdot Cu=9 \cdot Zn=0,36 \cdot Al,$
6-8 листьев, листья	$N=13 \cdot P=0,8 \cdot K=20 \cdot Mg=1,6 \cdot Ca=5,9 \cdot S=7,4 \cdot Cl,$ $Mn=0,79 \cdot Fe=57 \cdot Ni=39 \cdot Cu=13 \cdot Zn=0,47 \cdot Al,$
картофель	
цветение, листья	$N=15 \cdot P=1,2 \cdot K=18 \cdot Mg=3,1 \cdot Ca=9 \cdot S=3,7 \cdot Cl,$ $Mn=0,10 \cdot Fe=30 \cdot Ni=11 \cdot Cu=2,3 \cdot Zn=0,32 \cdot Al.$

Примечание: содержание валовых химических элементов в растениях

Сегодня становится ясно, что старыми методами в агрохимии управлять природой питания растений, «разговаривать» с ними невозможно, все необходимое для беседы – «язык растений», и он расскажет вам о своем самочувствии и своих недугах. Растение не может перечить человеку, если человек не перечит его биологическим законам развития, оно не может осуществить в полной мере того, что оно хочет, если ты не поможешь ему знанием. В этом деле хороший инструмент – метод листовой диагностики, он по-настоящему увлекательный в познании путей, по которым растение достигло своих целей, но развлекательности он не обещает. Химический процесс, непрерывно идущий в почве, и химический состав растений – это два сопряженных процесса. И здесь существуют очень точно установленные биологические равновесия в природе, отмечал академик П.Л. Капица (1987), механизмом которых современная наука пока не располагает. Но известно, что уже сравнительно небольшие факторы нарушают это равновесие, и тогда последствия могут принимать катастрофический характер. Два сопряженных процесса в почве и растениях всегда сопровождаются количественными химическими характеристиками (признаками), познание которых может давать теоретические указания для решения практических проблем, включая в себя элементы научного предвидения, основанного на познании этих химических характеристик в раскрытии закономерности в системе «почва-растение».

Задачи агрохимии на протяжении веков менялись не раз. Об этом говорят и научные исследования наших ученых старшего поколения, которые мы должны хорошо помнить, что

«познание химизма почвы, особенно растений, его природы – есть венец в жизни нашей планеты, в т.ч. вселенной».

Сегодня единство науки и практики – неотъемлемая черта научно-технического прогресса. И агрохимикам, почвоведом здесь «пальма первенства».

Однако, в какой-то момент победное шествие химизации начало приобретать черты несколько иные. Каждый новый успех, каждые новые достижения стали давать сбой, оборачиваться негативными изменениями в природе, которые вначале не замечали (Б.А. Ягодин, 1989). Возникает трудность в научном обосновании предельно допустимых концентраций «посторонних веществ» в окружающей среде. Существующие нормы не всегда строги и логичны, без глубокого знания биологии (биохимии) здесь не обойтись. Роль минеральных веществ, их уравновешенный баланс в жизнедеятельности любого организма огромна (Д.Н. Прянишников, 1950; Д.А. Сабинин, 1955; А.В. Соколов, 1970; К.П. Магницкий, 1972; А. Ваузен, 1964; Ф. Эммерт, 1964; П. Прево и М. Олландье, 1964 и др.), но пока тоже не до конца познана наукой. Нужно было хорошо понимать, что при введении элементов в почву под растения необходимо проводить идентификацию ответной реакции данной почвы и растения (В.Г. Сычев, В.И. Савич, Ю.И. Ермохин, 1995, 2014 и др.) [4, 7-11]. Используя в треугольнике Д. Н. Прянишникова метод обратной связи в системе «удобрение↔почва↔растение», можно получить конкретные количественные характеристики интенсивности действия (« b » x/y) введенных элементов в систему, которые служат основой в разработке комплексного аналитического метода «ИСПРОД-ОмГАУ» (возраст которого 50 лет), проверенного практикой производства при возделывании более 40 культур в условиях Западной Сибири и Северного Казахстана [1-4,12].

Применение удобрений в почву под растения является посредником между двумя законами земледелия – законом минимума и максимума, эти законы проявляются в уточнении своих функций и требуют необходимости объединения в один закон, которым система пользуется в прикладной агрохимии. Его следует называть «Законом равновесия минеральных элементов почвы» при управлении почвенным плодородием и «Законом

сбалансированного (уравновешенного) питания растений» при диагностике и управлении питанием культурных растений.

То, что нами в XXI веке сделано, – уже позади, и нужно идти к тому, что ждет нас впереди. Поэтому «самым важным фактором в нашей жизни является не то, где мы сейчас находимся, а в каком направлении мы движемся. Правильный путь таков – «усвой то, что сделали твои предшественники, и иди дальше» (Л.Н. Толстой). В народе известно сказание, «что в науке нужно не только знать, а уметь. Люди, которые умеют, не зная, слепые практики, а люди, которые знают, не умея – беспомощные книжники». «Ты никогда не решишь проблему, если будешь думать так же, как те, кто её создавал», – так мыслил А. Эйнштейн.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД - ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур. Омск: ОмГАУ, 1995. 208 с.
2. Ермохин Ю.И. Экспресс-методы химической диагностики потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях: учебное пособие. Омск: Вариант-Омск, 2010. 118 с.
3. Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений. В 4-х т.: монография. Омск: Вариант-Омск, 2013. 328 с.
4. Ермохин Ю.И., Синдирева А.В. Взаимосвязи в питании растений: монография. Омск: Вариант-Омск, 2010. 206 с.
5. Lundegardh H. Leaf analysis. London, 1951. 124 p.
6. Агрохимия: учеб. для с.-х. вузов / под ред. Б.А. Ягодина. М.: Колос, 1982. 574 с.
7. Прево П., Олландье М. Применение листовой диагностики // Физиология растений. Т. 3. Вып. 6. 1956. С. 554-573.
8. Эммерт Ф. Влияние взаимодействия ионов на состав растительных тканей. М.: Мир, 1964. С. 218-233.
9. Сабинин Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений. М.: Наука, 1971. 512 с.
10. Магницкий К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях. М.: Моск. рабочий, 1972. 271 с.
11. Соколов А.В. Роль методов растительной диагностики в решении агрохимических проблем // Диагностика потребности растений в удобрениях. М., 1970. С. 8-10.
12. Синдирева А.В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе почва-растение-животное: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Тюмень, 2012. 32 с.

И.А. САМОФАЛОВА, канд. с.-х. наук
А.Н. ЧАЩИН, канд. биол. наук
Пермский ГАТУ им. Д.Н. Прянишникова, Пермь

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

В последние годы геостатистические методы активно используются в почвоведении и экологии при изучении структуры почвенного покрова, пространственной организации почвы, ее трансформации во времени, закономерностей пространственного варьирования.

Неоднородность почвенного покрова (ПП) и его отдельных свойств является причиной очень высокого (до 2-3 кратного) внутрипольного варьирования урожайности – даже в условиях однородного технологического фона текущего года. Принятие решений об использовании каждого земельного участка должно опираться на инвентаризацию, качественно-количественную характеристику всех почвенно-агроэкологических факторов, ответственных за пестроту урожайности, качество продукции и лимитирующих применение агротехнологий [1].

Медленно, но уверенно развиваются новейшие технологии точного земледелия в России, которые подразумевают наличие детальной пространственной информации о почвенных свойствах [2].

В настоящее время потребность общества в традиционной почвенной картографии, которая отражает таксономические почвенные группы, довольно ограничена [3]. В то же время сельскохозяйственные предприятия заинтересованы в агрохимических картограммах, на основании которых проводится планирование внесения удобрений и прогноз урожая. Для создания подобных картограмм использование методов интерполяции и прогнозного картографирования перспективно. Также методы ЦПК позволяют учитывать информацию, полученную в ходе предшествующих туров почвенной съёмки, о пространственном распределении почвенных таксонов при составлении картограмм отдельных почвенных свойств. Следует также учи-

тывать, что с развитием рыночных отношений земля становится объектом купли, продажи и залога, что подразумевает точный учёт почвенных ресурсов. Немаловажна и потребность в оценке потенциального или реального ущерба в результате загрязнения, которое неизбежно ложится на активную матрицу почвенного покрова. Таким образом, потребность в почвенно-картографических продуктах будет возрастать при развитии сельского хозяйства, промышленности и финансовых отношений [3].

Геостатистическое моделирование в почвоведении представляет значительный интерес, поскольку позволяет выявлять организацию почвенных свойств в пространстве, в том числе проявление их периодичности в структуре почвенного покрова [4].

Цифровые почвенные карты (ЦПК) являются обязательным элементом геоинформационно-методического обеспечения современных систем агро-экологической оценки земель и оптимизации сельскохозяйственного земле-пользования. На их основе должны проводиться разработка, аудит и корректировка адаптивно-ландшафтных и прецизионных (точных) систем земледелия, агроэкологически обоснованный трансфер регионально-адаптированных агротехнологий [5].

В России постепенно развиваются специализированные разделы профильных систем поддержки принятия решений (СППР) в области экономической и агроэкологической оптимизации сельскохозяйственного производства и землепользования [6].

Бурное развитие информационных технологий, во многом определяющих прогресс науки, обуславливает и перспективы развития каждого ее направления. Почвенная картография переживает в настоящее время переход к цифровым методам, то есть методам составления почвенных карт, базирующихся на компьютерном анализе пространственных данных. Переосмысление и совершенствование на их основе базовых подходов традиционной картографии почв содержит большой инновационный потенциал. Открываются возможности решений на новом уровне научно-практических задач – инвентаризации почвенно-земельных ресурсов, почвенно-экологического мониторинга, моделирования и прогнозирования почвенных процессов, что необходимо для оптимизации природопользования, воспроизводства плодородия и предотвращения деградации почв [7-14].

Цель исследований: изучить степень неоднородности агрохимических свойств почв опытного участка на основе интерполированных картограмм.

Задачи исследований: определить агрохимические свойства почвы, дать оценку распределения их значений в пространстве, используя статистические показатели, построить картограммы свойств почв, дать рекомендации.

Методы исследования. Исследования проводили на дерново-мелкоподзолистой почве на территории земельных участков опытного поля Пермского ГАТУ. Участок имеет небольшой уклон на северо-запад и является нижней частью склона. Территория была разбита на элементарные участки на площади 0,54 га. Почвенные образцы отобраны в 0-10, 10-20, 20-30 см из 16 опорных точек, привязанных к картографической основе GPS-приёмника в системе координат WGS84. Агрохимические свойства определяли по общепринятым методам в лаборатории кафедры почвоведения Пермского ГАТУ. Детальные интерполированные картограммы (масштаб 1:1000) свойств составлены с помощью модуля геоанализа Mapinfo Vertical Mapper 3.0, ГИС-программного продукта MapInfo Professional 10.5 для каждого слоя. Статистическая обработка проведена в программе STATISTICA 6. Построенные на основе набора точек непрерывные растровые поверхности свойств почв преобразованы в векторные области, что позволяет точно определить площади почв, относящиеся к разным группам по уровням показателя.

Результаты исследования. Низкое содержание гумуса при небольшой мощности гумусового горизонта в дерново-подзолистых почвах обусловлено климатическими условиями почвообразования. В слое 0-10 см среднее содержание гумуса составляет 2,29% (табл. 1). Коэффициент вариации в слое 0-10 см составил 6,04%, в слое 10-20 см – 7,36% и в слое 20-30 см – 8,10%, что свидетельствует о незначительной изменчивости показателя.

Статистическое распределение содержания гумуса имеет бимодальную форму для всех слоев. Так, для слоя 0-10 см основной максимум встречаемости приходится на диапазон значений гумуса от 2,2 до 2,3%, а второй максимум – 2,1-2,2%, наблюдается правосторонняя асимметрия, длинный хвост в области больших значений гумуса.

Таблица 1

**Статистическое распределение показателей
свойств почв, % (n=16)**

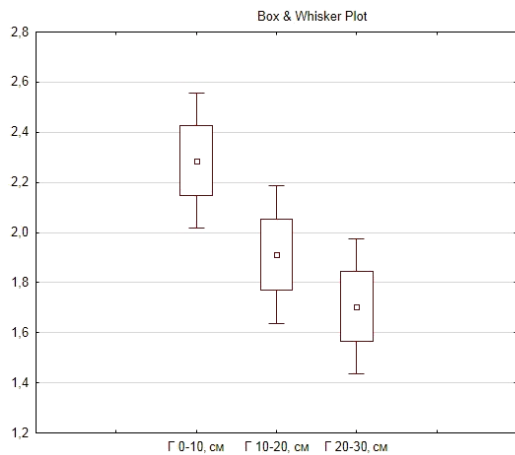
Слой, см	Median	Mean	min	max	Se	Sd	Var	Cof Var	Q1	Q2	Kur	Skw
Содержание гумуса												
0-10	2,24	2,29	2,10	2,55	0,03	0,14	0,02	6,04	2,21	2,41	-0,8	0,55
10-20	1,93	1,91	1,69	2,13	0,04	0,14	0,02	7,36	1,81	2,01	-1,2	0,01
20-30	1,66	1,71	1,61	1,94	0,03	0,14	0,02	8,10	1,61	1,81	-1,0	0,47
Обменная кислотность												
0-10	4,57	4,52	4,21	4,83	0,05	0,19	0,04	4,26	4,32	4,69	-1,3	-0,24
10-20	4,69	4,64	4,30	4,84	0,04	0,18	0,03	3,79	4,52	4,80	-0,8	-0,72
20-30	4,91	4,90	4,75	5,15	0,03	0,10	0,01	2,10	4,82	4,96	0,6	0,65
Гидролитическая кислотность												
0-10	5,52	5,91	4,90	7,35	0,20	0,82	0,67	13,9	5,25	6,65	-1,4	0,44
10-20	5,08	5,26	4,38	7,18	0,17	0,69	0,47	13,1	4,90	5,78	3,1	1,54
20-30	4,55	4,66	3,68	5,43	0,11	0,42	0,18	9,1	4,55	4,90	0,9	-0,32
Сумма поглощенных оснований												
0-10	8,00	8,35	7,10	10,8	0,25	0,98	0,96	11,7	7,70	9,00	1,0	1,04
10-20	8,80	8,96	7,50	11,5	0,26	1,03	1,06	11,5	8,30	9,70	0,9	0,76
20-30	9,25	9,72	8,20	16,5	0,48	1,92	3,69	19,8	8,80	10,0	11,8	3,24

Примечание: среднее – Mea; стандартная ошибка среднего – Se; минимум – min; максимум – max; стандартное отклонение – Sd; коэффициент вариации – Cof Var; асимметрия – Skw; медиана – Median; доверительный интервал – Q1 25% - Q2 75%; дисперсия – Var.

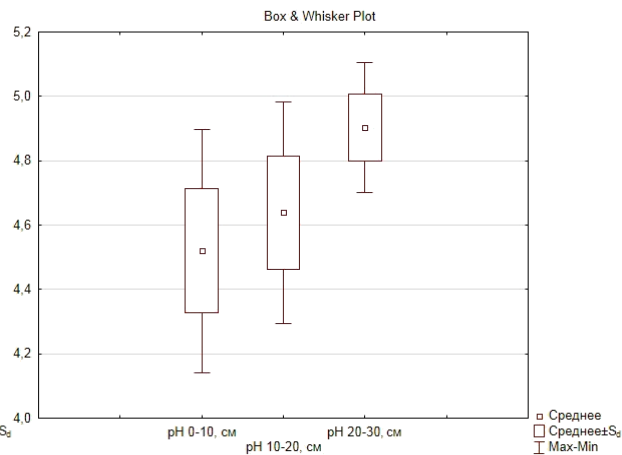
Основной максимум встречаемости содержания гумуса в слое 10-20 см приходится на диапазон значений 1,9-2,0%, второй максимум – 1,7-1,8%, наблюдается левосторонняя асимметрия, отмечается длинный хвост в области меньших значений гумуса. Основной максимум встречаемости содержания гумуса в слое 20-30 см приходится на диапазон значений 1,6-1,7%, второй – 1,5-1,6%, наблюдается правосторонняя асимметрия, хвост в области больших значений гумуса.

Статистическое распределение содержания гумуса представлено на рисунке 1а. Средние значения показателя уменьшаются в пределах 30 см, верхние и нижние квантили остаются практически неизменными, то есть общий диапазон изменчиво-

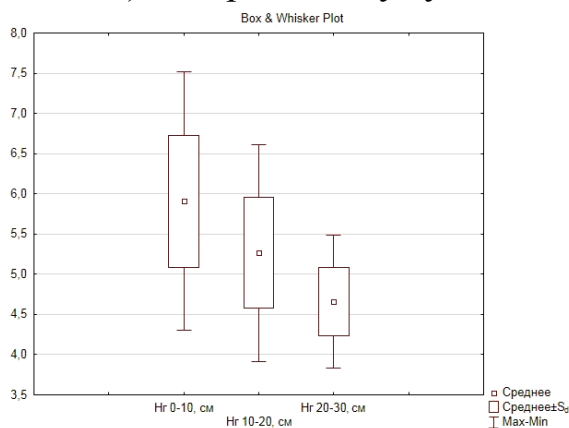
сти по слоям почти постоянен. Таким образом, установлено, что на территории опытного участка распределение гумуса носит однородный характер в пределах каждых 10 см, что подтверждается низким коэффициентом варьирования по слоям.



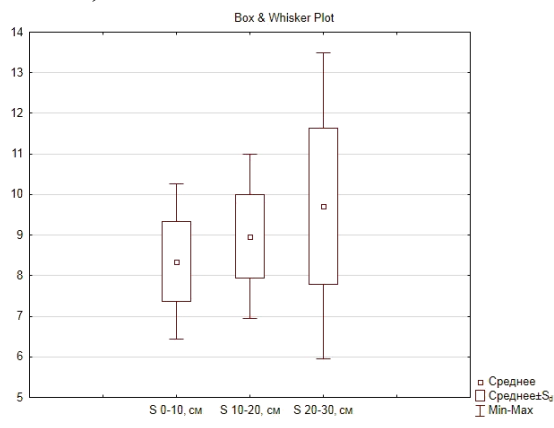
А) содержание гумуса



Б) обменная кислотность



В) гидролитическая кислотность



Г) сумма поглощенных оснований

Рис. 1. Статистическое распределение показателей в пахотном слое

Такое распределение является закономерным для дерново-подзолистых почв. Для выравнивания пахотного горизонта по содержанию гумуса необходимо вносить органические удобрения на всю мощность пахотного горизонта с заашкой и гомогенизацией.

Обменная и гидролитическая кислотность наиболее всего варьируют в 0-10 см слое (рис. 1Б, В) с постепенным снижением варьирования показателя при углублении пахотного слоя. Содержание обменных оснований изменяется обратным образом (рис. 1Г).

Исследования свойств дерново-подзолистых почв на элементарных участках учебно-научного опытного поля показали низкое содержание фосфора. Значения показателей (гумус, подвижный фосфор) варьируют в пределах одной группы, в связи с чем эти показатели не картографировали.

На опытном участке выделяется по два ареала обменной кислотности в слоях 0-10 и 10-20 см: сильнокислых (4,0-4,5) и среднекислых (4,5-5,0), а в слое 20-30 см – среднекислых и слабокислых почв, т.е. обменная кислотность в почвах опытного поля распределена равномерно (рис. 2).



А) слой 0-10 см



Б) слой 10-20 см



В) слой 20-30 см

Рис. 2. Картограмма пространственного распределения обменной кислотности почв

Вероятно, это связано с меньшим варьированием обменно-поглощенного водорода в дерново-подзолистой почве, который более стабильно удерживается в почвенно-поглощающем комплексе. Во всех слоях преобладает площадь ареала среднекис-

лых почв, которая увеличивается с 62% (в слое 0-10 см) до 88% (в слое 20-30 см). Такое распределение возможно объяснить выщелачиванием обменных катионов при промывном водном режиме, что усиливается в агрогенных дерново-подзолистых почвах.

Значения гидролитической кислотности (Нг) по результатам пространственного распределения объединены в четыре группы: 4,1-5,0, 5,1-6,0, 6,1-7,0 и >7 мг-экв./100 г почвы. Ареалы с высокой Нг приурочены к центральной части опытного участка (рис. 3).

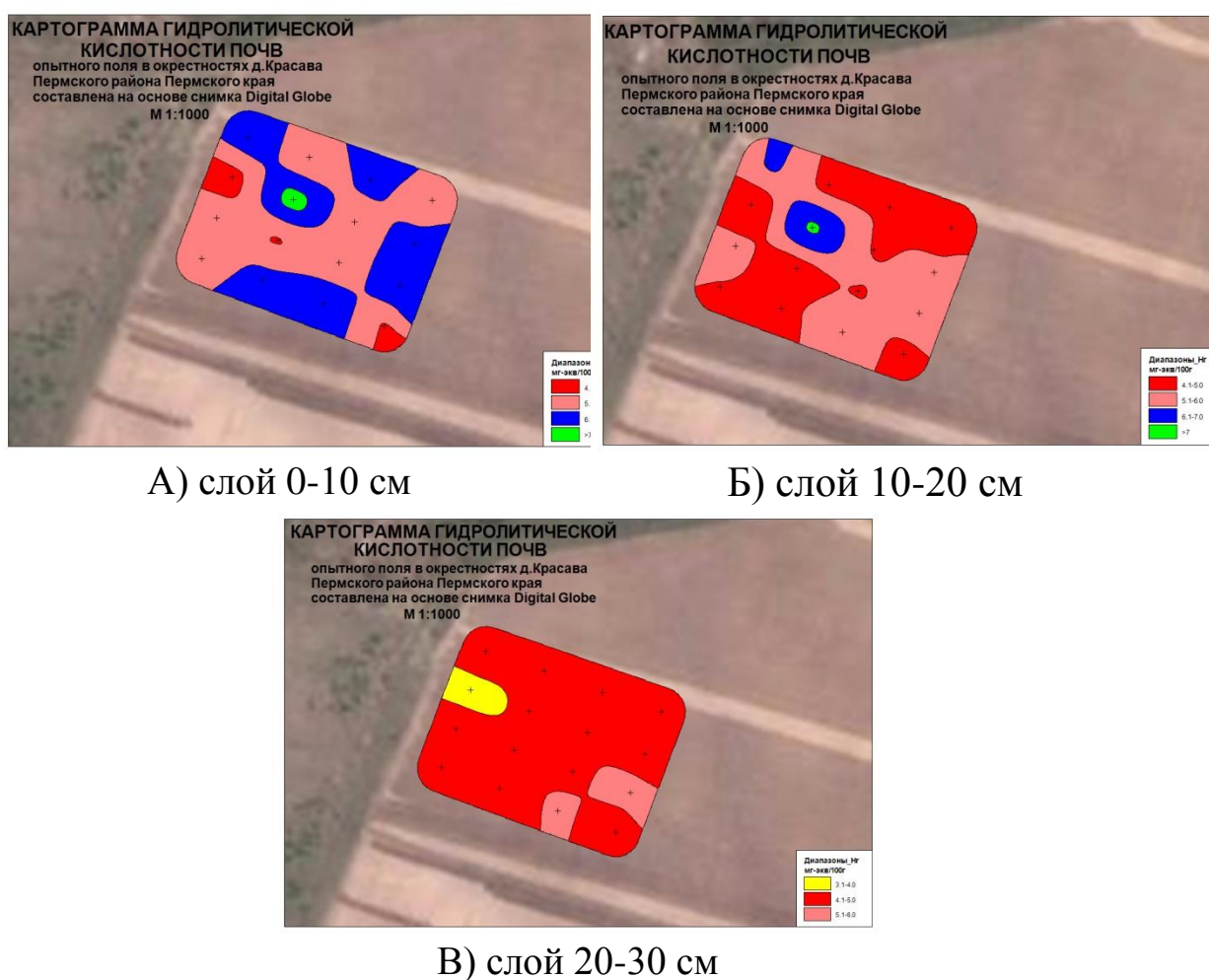


Рис. 3. Картограмма пространственного распределения гидролитической кислотности почв

Высокое варьирование Нг обусловлено тем, что с глубиной в дерново-подзолистых почвах доля прочно-закреплённого H^+ и Al^{3+} уменьшается за счет выщелачивания обменных катио-

нов. Диапазон значений НГ последовательно уменьшается с глубиной.

Сумма поглощенных оснований распределена более или менее равномерно почти на всей территории, на что указывает невысокий коэффициент вариации. По значениям суммы обменных оснований выделены три группы: 5,1-10,0 (низкий уровень), 10,1-15,0 (средний уровень) и 15,1-20,0 мг-экв./100 г почвы (высокий уровень). По площади преобладает ареал с низким уровнем 94% (0-10 см); 92% – в 10-20 см; 81% – в 20-30 см (рис. 4).



А) слой 0-10 см



Б) слой 10-20 см



В) слой 20-30 см

Рис. 4. Картограмма пространственного распределения суммы обменных оснований

По дисперсии и коэффициентам вариации слой 20-30 см по всем свойствам отчетливо обособляется от вышележащих слоёв, что указывает на достоверность различий показателей в слоях 0-20 и 20-30 см. Геоestatистический анализ показал, что это наиболее пространственно варьируемые показатели дерново-подзолистых почв, а наиболее резкая граница изменения

свойств почв – в нижней части пахотного или подпахотного слоя. Таким образом, для постановки полевых опытов рекомендуется «выравнивающее» известкование с расчетом доз мелиоранта по гидролитической кислотности.

Заключение. Содержание гумуса и подвижного фосфора являются низкими в пределах всего пахотного слоя. Физико-химические свойства почвы опытного участка характеризуются как сильно- и среднекислые с низким содержанием оснований и высокой гидролитической кислотностью. Данные показывают, что наиболее всего в пределах опытного участка варьируют показатели кислотно-основных свойств почвы. Наибольшее пространственное варьирование выявлено по гидролитической кислотности.

Результаты исследования показывают, что для четкой и методически правильной постановки полевых опытов по изучению влияния агротехнических воздействий на сельскохозяйственные культуры рекомендуется «выравнивающее» известкование с расчетом доз мелиоранта по гидролитической кислотности. Для выравнивания и повышения содержания гумуса в пахотном слое необходимо вносить органические удобрения на всю мощность пахотного слоя с запашкой и его гомогенизацией.

Применение этих мероприятий позволит нивелировать варьирование агрохимических свойств почв в пространстве, что скажется на получении большей урожайности культур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорокина Н.П. Структура почвенного покрова пахотных земель: типизация, картографирование, агроэкологическая оценка / автореф. дис. ... д-ра наук. М., 2003. 49 с.
2. Якушев В.П. На пути к точному земледелию. СПб., 2003. 209 с.
3. Сидорова В.А., Красильников П.В. Использование геостатистических методов для картографирования почвенных горизонтов // Геостатистика и география почв. М.: Наука, 2007. С. 19-42.
4. Красильников П.В. Вариография дискретных почвенных свойств // Экология и география почв. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. С. 10-29.
5. Васенев И.И., Бузылев А.В. Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель: учебно-практическое пособие. М.: РГАУ МСХА, 2010. 174 с.

6. Васенев И.И. Информационно-методическое обеспечение агроэкологической оптимизации технологий // Экономические проблемы модернизации и инновационного развития агропромышленного производства России. М.: РГАУ МСХА, 2011. С. 25.
7. Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Дмитриев Е.А. Структуры пространственной вариабельности агрохимических свойств пахотной дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. 1999. № 11. С. 1359-1366.
8. Пространственно-временная изменчивость агрофизических свойств комплекса серых лесных почв в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования / Е.В. Шеин, А.Л. Иванов, М.А. Бутылкина [и др.] // Почвоведение. 2001. №5. С. 578-585.
9. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: На примере дерново-подзолистых почв. М.: ЛКИ, 2008. 45 с.
10. Иванов А.Л. Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. Сборник статей. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2012. С. 7.
11. Ashkin T., Kizilkaya R., Yilmaz R., Olekhov V., Mudrykh N., Samofalova I. Soil exchangeable cations: A geostatistical study from Russia // Eurasian Journal of Soil Science, <http://www.fess.org/eurasian-journal-of-soil-science.asp>. Volume: 1, Issue: 1, 2012. P. 34-39.
12. Aşkin T., Kizilkaya R., Samofalova I., Mudrykh N., Olekhov V., Turkmen F. Dtpa-extractable micronutrients: a geostatistical study in Perm (Russia) // Развитие и внедрение современных технологий и систем ведения сельского хозяйства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Пермского НИИСХ, 3-5 июля 2013 г., Пермь. Т.1. Агрохимия и земледелие. Ч. 2. Пермь: ОТ и ДО, 2013. С. 211-223.
13. Алябина И.О. Географические информационные системы для почвоведения и экологии почв // Материалы по изучению русских почв. Вып. 8 (35): Сб. науч. докл. / под ред. МЗ4 Б.Ф. Апарина. СПб., 2014. 78 с.
14. Шутов П.С., Самофалова И.А., Чащин А.Н. Геостатический анализ почв опытного поля ФГУП Учебное хозяйство «Липовая гора» // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов: «Молодежная наука – 2014: технологии, инновации». Пермь, 2014. Ч. 1. С. 392-396.

С.М. ЛУКИН, д-р биол. наук
*ВНИИ органических удобрений и торфа –
филиал ФГБНУ "Верхневолжский ФАНЦ", г. Владимир*

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Использование удобрений и других агротехнических приемов возделывания с.-х. культур вызывает наибольшие изменения, в первую очередь, в содержании лабильной части гумуса. Для количественной оценки органического вещества, наиболее подверженного трансформации, предложены различные методы: определение активной фазы органического вещества (Körschens M., 1980; Дьяконова К.В. и др., 1990; Шульц Э., Кёршенс М., 1998; Шевцова Л.К., Володарская И.В., 1998); содержание легкоразлагаемого органического вещества $C_{лов}$ (Ганжара Н.Ф. и др., 1987); содержание лабильного и водорастворимого гумуса $C_{лаб}$ и $C_{вод}$ (Дьяконова К.В. и др., 1984); содержание негумифицированного органического вещества ($C_{орг} - C_{гум}$) (Александрова Л.Н., Юрлова О.В., 1984).

Наиболее широкое распространение в агрохимических исследованиях получил метод определения лабильного гумуса $C_{лаб}$ в 0,1 М нейтральной пирофосфатной вытяжки, предложенный Почвенным институтом им. В.В. Докучаева (Дьяконова К.В. и др., 1984). Данной вытяжкой извлекаются гумусовые вещества, являющиеся, по мнению многих авторов (Дьяконова К.В., Буклеева В.С., 1987; Исмагилова Н.Х. и др., 1987), наиболее «молодыми», непрочно связанными с минеральной частью почвы. Вместе с тем, отмечается, что в данную вытяжку могут переходить и довольно «зрелые» гуминовые кислоты, обладающие высокой оптической плотностью (Бакина Л.Г. и др., 1997).

Для характеристики содержания легкоразлагаемого органического вещества почв Н.Ф. Ганжарой (1988) предложен метод определения ЛОВ с помощью тяжелой жидкости. Им раз-

работаны градации содержания ЛОВ, обеспечивающие получение необходимого уровня урожайности и стабилизацию запасов гумуса в почвах. Значительные исследования по оценке роли ЛОВ в оптимизации гумусового состояния почв выполнены Зезюковым Н.И., Дедовым А.В., 1994; Шарковым И.Н., 1997; Надёжкиным С.М., 2005 и др.

Кёршенс (Körschens M., 1980) предложил для определения активной (трансформируемой) части почвенного органического вещества использовать показатель минимального содержания гумуса, который может быть установлен при длительном паровании почвы, либо в контрольных вариантах опытов, когда в нее поступает незначительное количество свежего органического вещества. В этом случае содержание активного (трансформируемого) органического вещества почв определяется по уравнению: $C_{trans} = C_{орг} - C_{min}$, где $C_{орг}$ – содержание ОВ в вариантах опыта; C_{min} – минимальное содержание гумуса в почве длительного чистого пара (контрольного варианта).

Для условий ФРГ определено, что величина C_{min} связана с гранулометрическим составом почв по уравнению:

$$C_{min} = 0,04 L,$$

где L – содержание частиц менее 0,0063 мм, %.

В условиях Российской Федерации при анализе гранулометрического состава почв, наиболее близкой к указанной фракции, относится фракция мелкой пыли и ила (< 0,005 мм), однако чаще всего определяется фракция «физической глины» (< 0,01 мм). Величина поправочного коэффициента для определения C_{min} может быть определена на основе данных содержания органического вещества в почве многолетнего чистого пара по уравнению:

$$K = C_{min} : L,$$

где C_{min} – содержание углерода гумуса в длительно парующей почве.

В последние годы для оценки запасов активных компонентов органического вещества почвы предложено использовать показатель содержания ОВ, экстрагируемого горячей водой

(Шульц Э., Кёршенс М., 1998). На основе более 1000 определений в почвах длительных опытов Германии разработаны классы запасов разлагаемого ОВ для подзолистых и черноземных почв, а метод определения $C_{эгв}$ стандартизирован для условий Германии. Данная фракция содержит значительную часть углерода микробной биомассы почв, простые органические компоненты, гидролизуемые либо деполимеризующиеся при нагревании органические соединения, представляющие очень легко разлагаемую часть активного ОВ почв (Körschens M., Schulz E., 1999).

Целью исследований является оценка изменения содержания активных компонентов органического вещества дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв при их сельскохозяйственном использовании.

В образцах с вариантов 34-летнего длительного стационарного опыта ВНИИОУ: чистый пар, без удобрений, навоз 20 т/га, навоз 10 т/га + N50P25K60, N100P50K120 определялось содержание C_{trans} (Körschens M., 1980; Шевцова Л.К., Володарская И.В., 1998), содержание органического вещества, экстрагируемого горячей водой $C_{эгв}$ (Шульц Э., Кёршенс М., 1998), легкоразлагаемого органического вещества $C_{лов}$ (Ганжара Н.Ф. и др., 1987), лабильного и водорастворимого гумуса $C_{лаб}$ и $C_{вод}$ (Дьяконова К.В. и др., 1984), содержание негумифицированного органического вещества ($C_{орг} - C_{гум}$) (Александрова Л.Н., Юрлова О.В., 1984).

Для оценки влияния структуры севооборота на содержание активного (трансформируемого) органического вещества использовались материалы по содержанию ОВ и гранулометрическому составу почв 5 длительных опытов с удобрениями в севооборотах с различной насыщенностью пропашными культурами и многолетними травами.

Определение содержания органического вещества в почве бесслесменного чистого пара свидетельствует о тесной связи содержания $C_{орг}$ в почве с содержанием гранулометрических фракций $\leq 0,005$, $\leq 0,01$, $\leq 0,05$ мм. Коэффициенты корреляции между $C_{орг}$ и содержанием этих фракций составляли 0,765; 0,817 и 0,818, соответственно. В то же время связь между содержанием $C_{орг}$ и илистых, а также песчаных частиц, значительно ниже (табл. 1, 2).

Таблица 1

**Содержание органического вещества в почве
бессменного чистого пара в зависимости
от гранулометрического состава почвы**

Номер образца	Содержание частиц (мм), %						Содер- жание органи- ческого углеро- да, %	Отношение	
	> 0,25	0,25-0,05	<0,05	<0,01	<0,005	<0,001		$\frac{C_{орг}}{<0,01}$ мм	$\frac{C_{орг}}{<0,005}$ мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	39,0	38,1	22,9	11,8	7,9	3,8	0,356	0,0302	0,0451
2	36,4	40,7	22,9	11,9	8,9	3,7	0,296	0,0248	0,0333
3	38,2	38,2	23,6	12,0	8,8	3,9	0,334	0,0278	0,0380
4	38,9	37,9	23,2	12,1	8,6	3,8	0,325	0,0268	0,0379
5	35,4	40,7	23,9	12,3	9,4	4,2	0,405	0,0330	0,0432
6	37,8	37,9	24,3	12,6	9,2	4,1	0,392	0,0311	0,0426
7	37,0	37,6	25,4	12,7	9,4	4,6	0,418	0,0329	0,0445
8	35,6	39,5	24,9	12,9	9,4	5,0	0,354	0,0274	0,0377
9	36,8	37,7	25,5	13,2	9,7	4,7	0,328	0,0248	0,0338
10	36,3	37,1	26,6	14,2	10,6	5,2	0,472	0,0332	0,0445
11	37,4	36,3	26,3	14,4	10,3	4,7	0,518	0,0360	0,0503
12	34,7	37,3	28,0	14,7	10,8	5,8	0,488	0,0332	0,0452
13	38,5	32,7	28,8	16,4	12,4	4,3	0,498	0,0303	0,0400
В сред- нем	37,1	37,8	25,1	13,2	9,6	4,4	0,400	0,030	0,041

Таблица 2

**Коэффициенты корреляции содержания $C_{орг}$
с гранулометрическим составом почвы**

Гранулометрические фракции, мм	R	R ²	Уровень значи- мости (p)
< 0,001	0,567	0,321	0,0432
< 0,005	0,765	0,585	0,0023
< 0,01	0,817	0,667	0,0007
< 0,05	0,818	0,669	0,0006
0,05-0,25	-0,652	0,533	0,0157
> 0,25	-0,172	0,140	0,5625

В предыдущих исследованиях было установлено, что с учетом количества $C_{орг}$ в разных фракциях и содержания самих фракций основной вклад в содержание $C_{орг}$ в дерново-подзолистой супесчаной почве принадлежит тонко, средне и крупнопылеватым фракциям, на долю которых приходится до 60% и более от содержания $C_{орг}$ в почве. Вклад илистой и песчаной фракций невелик, соответственно, за счет ничтожно малого количества $C_{орг}$ в песчаных фракциях и низкого содержания фракции ила (Козлова О.Н., Лукин С.М. и др., 2000).

Учитывая особенности определения гранулометрического состава почв в РФ, для расчета C_{min} могут быть использованы данные по содержанию мелкой пыли и ила ($<0,005$ мм) с коэффициентом $0,04 \pm 0,003$ или данные содержания частиц $<0,01$ мм с коэффициентом $0,03 \pm 0,002$. Для более точного определения поправочных коэффициентов необходимо накопление фактических данных по другим разновидностям почв.

Оценка изменения содержания трансформируемого органического вещества в почве 5 длительных опытов показала, что наблюдается тесная связь между содержанием C_{trans} и поступлением ОВ с пожнивно-корневыми остатками растений и органическими удобрениями.

Почвы не удобренного многолетнего чистого пара и зернопропашного севооборота с 50% пропашных характеризовались минимальным содержанием C_{trans} (0,0-0,033 %, или 0-6% от общего содержания $C_{орг}$ в почве). В зернотравяном и зерно-травянопропашном севооборотах с 33% многолетних трав содержание C_{trans} составляло 0,240-0,248%, или 31-35%. При использовании органических удобрений содержание C_{trans} увеличивалось в зависимости от вида севооборота и дозы навоза до 0,085-0,315%, а доля его достигала 15-40% от общего содержания $C_{орг}$ в почвах (табл. 3).

Установлено, что при поступлении в дерново-подзолистую супесчаную почву с растительными остатками и навозом менее 3,5 т/га ОВ в год наблюдается снижение содержания C_{trans} в почве (рис. 1, 2).

Таблица 3

Изменение содержания активной (трансформируемой) части ОВ в почвах длительных опытов с удобрениями ВНИИОУ

Севооборот, количество ротаций	Содержание частиц <0,01 мм, %	Удобрения	Содержание С, %				Поступление ОВ с пожнивными корневыми остатками и органическими удобрениями, т/га в год
			в начале опыта	в конце опыта	C _{min}	C _{trans}	
бессменный чистый пар, 34 года	16,4	без удобрений	0,626	0,495	0,495	0,0	0
зернопаровой с занятым паром, 1 ротация	18,0	без удобрений	0,638	0,624	0,540	0,084	2,14
		N83P75K90		0,642		0,102	2,79
		навоз 12,5 т/га + N83P75K90		0,680		0,140	5,43
зернопропашной, 25% пропашных, 7 ротаций	17,0	без удобрений	0,626	0,557	0,510	0,047	1,94
		навоз 10 т/га		0,690		0,180	3,98
		навоз 20 т/га		0,795		0,285	5,61
		навоз 10 т/га + N50P25K60		0,731		0,221	4,30
		N100P50K120		0,586		0,076	2,66
зернопропашной, 50% пропашных, 3 ротации	18,0	без удобрений	0,678	0,573	0,540	0,033	2,26
		навоз 10 т/га		0,625		0,085	4,52
		N120P120K120		0,623		0,083	3,14
		навоз 10 т/га + N120P120K120		0,651		0,111	5,20
		навоз 15 т/га + N180P180K180		0,680		0,140	6,40
зернотравянопропашной, 33 % мн. трав, 1 ротация	18,0	без удобрений	0,818	0,783	0,543	0,240	3,16
		N34P68K68	0,818	0,789		0,246	3,63
		навоз 10 т/га + N34P68K68	0,806	0,858		0,315	5,94
зернотравяной, 33% мн. трав, 1 ротация	15,3	без удобрений	0,650	0,708	0,460	0,248	3,55
		N35P50K50	0,638	0,713		0,253	4,11
		N70P100K100	0,655	0,771		0,311	4,10

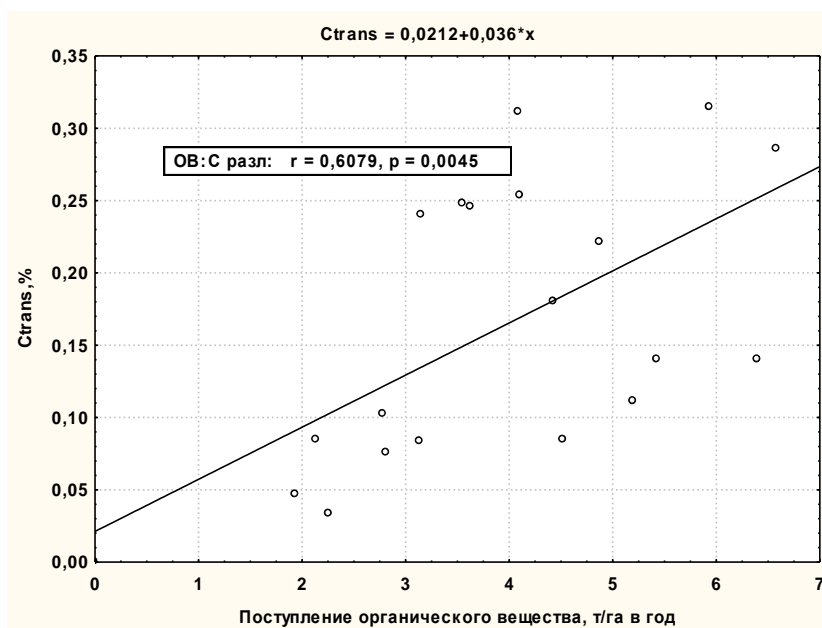


Рис. 1. Зависимость содержания C_{trans} в почве от количества свежего органического вещества

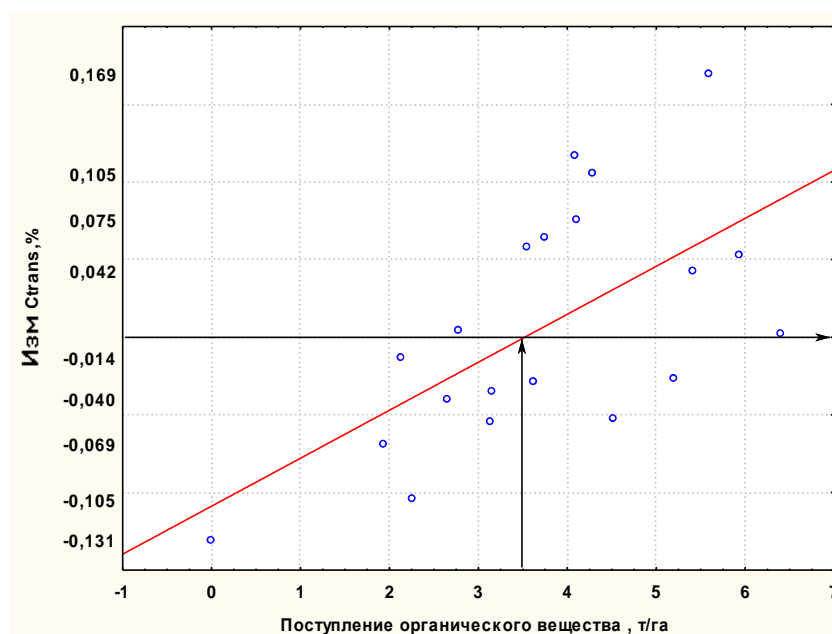


Рис. 2. Изменение содержания C_{trans} в почве в зависимости от поступления органического вещества в севооборотах

Метод определения C_{trans} по разности между $C_{орг}$ и C_{min} позволяет дать общую характеристику содержания трансформируемой части органического вещества почвы, которое неоднородно по своему составу.

Большинство исследователей в составе ОВ выделяют активную и стабилизированную части, для определения которых чаще всего используются методы долговременной инкубации

(Freitag H.E., 1987; Franko U., 1997; Семенов В.М. и др., 2005; Шарков И.Н., 2005; Семенов В.М., Когут Б.М., 2015).

Результаты исследований по оценке влияния длительного применения различных систем удобрения на содержание различных фракций органического вещества почвы показали, что наиболее тесные корреляционные зависимости наблюдаются между содержанием углерода гумуса и C_{trans} , C_{trans} и $C_{лаб}$, $C_{ЭГВ}$ и $C_{лаб}$. В меньшей степени содержание трансформируемого органического вещества коррелирует с содержанием водорастворимого гумуса, поскольку названная фракция представлена преимущественно неспецифическими соединениями и фульвокислотами. Применение органических удобрений способствовало увеличению содержания лабильных фракций органического вещества почвы (табл. 4).

Таблица 4

Влияние длительного применения различных систем удобрения на содержание различных фракций ОВ в почве

Варианты опыта	$C_{орг}$, %	$C_{гум}$, %	ΔC^* , %	C_{trans} , %	$C_{лаб}$, МГ/КГ	$C_{ЭГВ}$, МГ/КГ	$C_{вод}$, МГ/КГ	$C_{ЛОВ}$, %
без удобрений	0,528	0,506	0,022	0,033	615	271	108	0,086
навоз 20 т/га	0,779	0,733	0,046	0,284	889	408	137	0,198
навоз 10 т/га + N50P25K60	0,674	0,620	0,054	0,179	800	380	123	0,115
N100P50K120	0,599	0,560	0,039	0,104	746	309	104	0,107

* $\Delta C = C_{орг} - C_{гум}$

Известно, что наиболее активной трансформации в почвах подвержена фракция легкоразлагаемого органического вещества, включающая в себя послеуборочные остатки, мелкие корни и промежуточные продукты их разложения (ЛОВ).

Однако, помимо органических веществ, в состав ЛОВ, определяемых с помощью тяжелой жидкости входят легкие органоминеральные фракции почвы и органоминеральные коллоиды, поэтому зольность ЛОВ достаточно высока и достигает 86%. Она уменьшается с увеличением гумусированности почвы и при использовании органических удобрений.

Сравнение данных по содержанию углерода в почве с отбором и без отбора негумифицированных растительных остат-

ков показывает, что в составе ЛОВ находится от 26 до 90% корешков и растительных остатков, отбираемых при обычной подготовке почвы для определения гумуса. Остальная часть ЛОВ представлена детритом, который невозможно отобрать вручную, а также легкими органоминеральными фракциями. Характерно, что в том случае, когда не используются органические удобрения, в составе ЛОВ находится до 90% мелких корней и растительных остатков.

Определение содержания ЛОВ в почве длительных опытов показало, что оно зависит от вида возделываемых культур, уровня применения органических удобрений и интенсивности обработки почвы. Наибольшим содержанием $C_{\text{ЛОВ}}$ (0,225-0,560%) характеризовались посевы клевера с тимофеевкой и многолетняя залежь, значительно меньше его было при возделывании озимой пшеницы (0,092%) и люпина (0,062%). Минимальным содержанием $C_{\text{ЛОВ}}$ характеризуется почва чистого пара (0,054%), при этом почти 100% ЛОВ было представлено легкими органоминеральными фракциями почвы.

Использование навоза увеличивало содержание $C_{\text{ЛОВ}}$ в 1,3-2,3 раза. В среднем по двум длительным опытам доля углерода ЛОВ в общих запасах углерода в вариантах без органических удобрений составила 18%, при использовании навоза 10 т/га – 20%, 20 т/га – 24%.

Для характеристики гумусового состояния почв предложено также определение лабильных форм гумуса, растворимых в мягких вытяжках. Однако до сих пор остается дискуссионным вопрос о том, какой метод предпочтительнее. Сравнение этих методов показало, что между ними существует достаточно тесная корреляция, причем содержание лабильного гумуса зависит, в большей степени, от уровня гумусированности почвы, а легкоразлагаемого органического вещества – от количества растительных остатков.

Недостатком метода определения ЛОВ, как уже отмечалось, является его высокая трудоемкость. Кроме того, для характеристики ЛОВ необходимо проведение дополнительных анализов, в частности азота, т.к. от соотношения C:N в ЛОВ будет зависеть интенсивность его минерализации и доступность питательных веществ ЛОВ для растений.

Преимуществом метода определения лабильного гумуса является его простота и более высокая производительность. Вместе с тем, содержание лабильного гумуса в большей степени характеризует генетическую природу гумуса и в меньшей степени зависит от количества поступающих в почву растительных остатков.

Проведенными исследованиями установлена перспективность использования для количественной оценки содержания трансформируемого ОВ в почвах метода определения углерода, экстрагируемого горячей водой. В микрополевым опыте коэффициент корреляции между C_{trans} и $C_{эГВ}$ составил 0,960 при уровне значимости $p = 0,00001$, в полевых опытах – 0,949 при $p = 0,00001$.

Э. Шульц и М. Кёршенс (1998) на основе обобщения данных длительных опытов Европы установили, что содержание $C_{эГВ}$ и C_{trans} в почвах связано соотношением:

$$C_{trans} \approx 15 C_{эГВ}$$

Проверка указанного соотношения на примере длительных опытов ВНИИОУ показала, что оно соблюдается только при содержании $C_{орг}$ более 1%. При содержании гумуса, близкого к минимальному, в почве остается определенное количество водорастворимого ОВ, а соотношение $C_{trans}:C_{эГВ}$ становится крайне узким. Вместе с тем, учитывая высокую корреляционную связь $C_{эГВ}$ и C_{trans} , а также простоту анализа, данный метод может быть использован для характеристики содержания трансформируемого ОВ в почвах.

Характерной особенностью легких дерново-подзолистых почв является относительно более высокая доля разлагаемых компонентов в составе почвенного органического вещества по сравнению с другими разновидностями дерново-подзолистых почв. В агроландшафтном стационарном опыте при использовании навоза 20 т/га в год, запашке соломы люпина и ячменя 1 раз в 2 года в рыхлопесчаных почвах доля C_{trans} достигала 60% и более от $C_{орг}$.

Низкое содержание органического углерода при относительно высокой доле разлагаемых компонентов является основ-

ным фактором неустойчивого гумусового состояния дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв.

На основе взаимосвязи содержания органического вещества с продуктивностью севооборотов определены уровни содержания активных компонентов ОВ и поступления свежего ОВ, обеспечивающих получение необходимого уровня урожайности (табл. 5).

Таблица 5

Оптимальная потребность в свежем органическом веществе и уровни содержания ОВ, обеспечивающие получение необходимой продуктивности севооборотов на дерново-подзолистых супесчаных почвах

Продуктивность севооборотов, ц з.ед./га	Потребность в свежем органическом веществе, т/га в год	Уровни содержания ОВ	$C_{орг}$, %	C_{trans} , %	$C_{эгв}$, мг/кг	$C_{лов}$, %
<20	<1,3	очень низкое	<0,55	<0,05	<250	<0,08
20-30	2,2	низкое	0,60	0,10	290	0,10
30-40	5,0	среднее	0,70	0,20	340	0,18
40-50	7,7	повышенное	0,90	0,40	400	0,30
>50	9,8	высокое	1,05	0,55	470	0,40

Расчеты показывают, что уровень продуктивности севооборотов 20-30 ц з.ед./га может быть достигнут при содержании в дерново-подзолистой супесчаной почве 0,10-0,15% трансформируемого ОВ в пересчете на углерод. При содержании в почве 0,4% C_{trans} становится возможным получение 40-50 ц з.ед./га. В зернотравяных севооборотах такое содержание C_{trans} может быть достигнуто без внесения органических удобрений, однако в пропашных и зернопропашных севооборотах оптимизация режима органического вещества невозможна без использования органических удобрений.

Таким образом, результаты исследований подтверждают целесообразность в целях агрономической оценки органического вещества почвы разделение его на 2 группы: инертное (C_{min}) и агрогенно-трансформируемое (C_{trans}) на основе методических подходов, предложенных М. Кёршенсом. На основе обобщения

данных по содержанию органического вещества в почве бес-
сменного чистого пара определены поправочные коэффициенты
для расчета C_{\min} по содержанию гранулометрических фракций,
составляющие 0,03 для частиц $\leq 0,01$ мм и 0,04 – для частиц
 $\leq 0,005$ мм.

Установлена тесная корреляционная зависимость содер-
жания трансформируемого органического вещества в почве и
количества свежего органического вещества, поступающего в
нее с растительными остатками и органическими удобрениями.
При этом характерной особенностью легких дерново-
подзолистых почв является относительно более высокая доля
разлагаемых компонентов в составе почвенного органического
вещества, что при низком содержании общего углерода являет-
ся причиной неустойчивого гумусового состояния дерново-
подзолистых песчаных и супесчаных почв.

Сравнение методов определения органического вещества
показывает, что как метод определения лабильных гумусовых
веществ ($C_{\text{лаб}}$), так и метод определения легкоразлагаемого ор-
ганического вещества ($C_{\text{лов}}$) существенно дополняют характе-
ристику гумусового состояния почв. При этом если первый ме-
тод в большей степени характеризует общие запасы и генетиче-
скую природу гумуса, то второй – количество свежего органи-
ческого вещества.

Показана перспективность использования метода опреде-
ления углерода, экстрагируемого горячей водой, для характери-
стики содержания трансформируемого ОВ в почвах. На основе
взаимосвязи содержания трансформируемого ОВ и продуктив-
ности культур разработаны градации его содержания и опреде-
лена потребность в свежем органическом веществе для поддер-
жания оптимального уровня ОВ в легких дерново-подзолистых
почвах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александрова Л.Н., Юрлова О.В. Методы определения оптимизации
содержания гумуса в пахотных дерново-подзолистых почвах (на примере
Ленинградской области) // Почвоведение. 1984, № 8. С. 21-28.
2. Бакина Л.Г., Плотникова Т.А., Митина О.М. Лабильность гумусовых
веществ дерново-подзолистой глинистой почвы Северо-Запада России
при известковании // Агрохимия. 1997. № 6. С. 27-31.

3. Ганжара Н.Ф. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества подзолистых и черноземных почв европейской части СССР: автореферат дис. ... д-ра с.-х. наук. М.: ТСХА, 1988. 31 с.
4. Ганжара Н.Ф. и др. Рекомендации по контролю и оптимизации режима органических веществ в пахотных почвах. М.: МСХА, 1987. 10 с.
5. Дьяконова К.В., Александрова А.Н., Кауричев И.С. и др. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при с.-х. использовании и интенсивном окультуривании почв / сост. К.В. Дьяконова. М., 1984. 96 с.
6. Дьяконова К.В., Буклеева В.С. Баланс и трансформация органического вещества дерново-подзолистых почв Центра Нечерноземной зоны // Органическое вещество пахотных почв. Науч. тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1987. С. 12-22.
7. Зезюков Н.И., Дедов А.В. Содержание лабильного органического вещества в пахотных почвах черноземов ЦЧЗ // Почвоведение. 1994. № 10. С. 54-57.
8. Гумусное состояние различно окультуренных дерново-подзолистых почв в севообороте с многолетними травами / Н.Х. Исмагилова, А.Г. Замараев, Г.В. Чаповская // Органическое вещество пахотных почв. Науч. тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1987. С. 61-69.
9. Когут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение. 2003. № 3. С. 308-316.
10. Вклад различных гранулометрических фракций в обеспечение супесчаной дерново-подзолистой почвы обменным и необменным калием / О.Н. Козлова, С.М. Лукин, Т.А. Соколова [и др.] // Агрохимия. 2000. № 12. С. 15-23.
11. Надежкин С.М. Изучение взаимосвязи органического вещества с продуктивностью культур и моделирование гумусного состояния почв лесостепи Среднего Поволжья // Методы исследований органического вещества почв. М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. С. 29-43.
12. Семенов В.М., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В. Лабораторная диагностика биологического качества органического вещества почвы // Методы исследований органического вещества почв. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. С. 214-230.
13. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 238 с.
14. Шарков И.Н. Изучение минерализации и баланса вещества в почвах агроценозов // Методы исследований органического вещества почв. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. С. 359-376.
15. Шевцова Л.К., Володарская И.В. Трансформация гумуса дерново-подзолистых почв в опытах с длительным применением удобрений // Почвоведение. 1998. № 7. С. 825-831.

16. Шульц Э., Кёршенс М. Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и ее трансформации при помощи экстракции горячей водой // Почвоведение. 1998. № 7. С. 890-894.
17. Franko, U. Modellierung von Umsatzprozessen der organischen Bodensubstanz. Arch. Acker-Pfl. Böden., 1997, Bd. 41. S. 527-547.
18. Freytag, H.E. Gleichzeitige Ermittlung der Parameter C, und k für die C-Mineralisierungsfunktion aus CO₂-Messungen unter konstanten Bedingungen. Arch. Acker-Pfl. Boden., 1987, Bd. 31. S. 23-31.
19. Körschens M. Beziehungen zwischen Feinanteil, C_t- und N_t- Gehalt des Bodens. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd., Berlin, 1980, Bd. 24. S. 585-592.
20. Körschens M., Schulz E. Die organische Bodensubstanz: Dynamik – Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte // UFZ Leipzig – Halle, Sektion Bodenforschung, 1999. 74 s.

УДК: 631.8:631.45:631.445.4

Н.Ф. БАЛАБАНОВА, канд. с.-х. наук

ФГБНУ «Омский АНЦ», Омск

Н.А. ВОРОНКОВА, д-р с.-х. наук

ФГБОУ ВО «ОмГТУ», Омск

РОЛЬ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СОХРАНЕНИИ ПЛОДОРОДИЯ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ

Сохранение и рациональное использование плодородия земель сельскохозяйственного назначения является основным условием стабильного развития агропромышленного комплекса [1].

В настоящее время из-за возросшего антропогенного влияния в агроценозах, а также уменьшения количества вносимых удобрений отмечено снижение содержания органического вещества в почве [2].

На пахотных почвах с отчуждением большей части урожая полевых культур основным и зачастую единственным источником пополнения запасов органического вещества служат надземные и корневые остатки растений, а также вносимые в почву органические удобрения. Растительные остатки в агроценозах могут рассматриваться в качестве особой группы органи-

ческих удобрений, которые не содержат в своем составе гумифицированных соединений и не требуют значительных затрат на внесение [3].

Ценность растительной массы, как и любых других органических удобрений, заключается в улучшении минерального питания растений, а также водно-физических, физико-химических, биологических и технологических свойств почвы [4].

Минеральные удобрения, по мнению ряда авторов [5, 6, 7], несколько снижают темпы расхода гумуса почвы вследствие заделки большего количества растительных остатков, чем в вариантах без применения минеральных удобрений. Они в большей степени косвенно определяют интенсивность процессов гумусонакопления в почвах, так как влияют на количество и состав биомассы растений, численность микроорганизмов, pH почвы, содержание в ней различных анионов и катионов [8, 9].

В этой связи в задачи исследований входило изучение влияния длительного систематического применения минеральных удобрений и соломы на элементы плодородия лугово-черноземной почвы.

Исследования проводили в длительном стационарном многофакторном опыте, заложенном в 1987 году на основе шестипольного зернотравяного севооборота со следующим чередованием культур: многолетние травы (люцерна) 3-х лет использования – пшеница – пшеница – овёс. Севооборот развернут во времени и в пространстве.

Изучали следующие факторы. Фактор А – средства химизации: 1) без средств химизации; 2) оптимальные дозы минеральных удобрений ($N_{10}P_{17}$ на 1 га пашни); 3) дозы минеральных удобрений, рассчитанные на получение максимально возможного урожая ($N_{15}P_{23}$ на 1 га пашни).

Фактор В – солома: 1) без соломы; 2) внесение соломы после уборки зерновых в количестве, соответствующем урожаю в вариантах опыта.

Почва опытного участка – лугово-черноземная средне-мощная среднегумусовая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 6,68...6,75 % (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) 101...120 мг/кг и 250...320 мг/кг почвы соответственно, pH_{kcl} почвенного раствора – 6,4-6,7.

Анализ почвы проводили стандартными агрохимическими методами. Нитратный азот – по Грандваль-Ляжу с дисульфифеноловой кислотой. Подвижные фосфор и калий в почве – из одной вытяжки по методу Чирикова с окончанием определения для калия – пламеннофотометрически и фосфора – колориметрически, окрашивание по Дениже. Общий углерод – по Тюрину в модификации Никитина, мортмассы – путем отмывки негумифицированного органического вещества водой на сите с диаметром ячеек 0,25 мм [9].

Погодные условия за период исследований были различные. Вегетационный период 2009 года – влажный, выпало 404 мм осадков при норме 197 мм. Средняя температура воздуха составляла 15,9°C и была близкой к среднему многолетнему значению (16,2°C). В 2010 году отмечен дефицит атмосферных осадков, ГТК за май-август составил 0,55 при среднем многолетнем значении 1,10. Вегетационный период 2011 года по количеству осадков и температуре воздуха был близок к норме (203 мм и 16,2°C) (ГТК 0,99).

Проведенные исследования показали, что исходное содержание гумуса в шестипольном зернотравяном севообороте, где 50% площади пашни занимают многолетние бобовые травы (люцерна), в варианте без применения удобрений было на уровне 6,73% и за 24 года практически не изменилось – 6,72% (-0,01) (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание и запасы гумуса в слое почвы 0-20 см
в зависимости от применения минеральных удобрений
и соломы (2009-2011 гг.)**

Вариант	Гумус, %	Отклонение, %		Запасы гумуса, т/га
		от кон- троля	от исходно- го	
Без удобрений	6,72	-	-0,01	147,8
Солома	6,71	-0,01	-0,04	148,0
N ₁₀ P ₁₇	6,88	0,16	0,20	151,4
N ₁₀ P ₁₇ + солома	6,88	0,16	0,15	151,4
N ₁₅ P ₂₃	7,02	0,30	0,25	154,4
N ₁₅ P ₂₃ + солома	7,02	0,30	0,24	154,4
НСР ₀₅		0,13	0,10	2,8

Длительное применение минеральных удобрений оказывало положительное влияние на гумусонакопление, увеличивая содержание гумуса в почве на 0,25 % в сравнении с исходным содержанием. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{10}P_{17}$ на гектар севооборотной площади повысило содержание и запасы гумуса на 0,16% и 3,6 т/га в сравнении с неудобренным фоном. При увеличении дозы минеральных удобрений ($N_{15}P_{23}$) данные показатели возросли до 0,30% и 6,6 т/га.

Применение соломы не оказало существенного влияния на содержание и запасы гумуса в почве.

Культурные растения оставляют после себя значительное количество пожнивных и корневых остатков. Ежегодное поступление в почву растительных остатков формирует в ней фонд легкоминерализуемых соединений, в том числе в виде мортмассы (свежих и полуразложившихся растительных и животных остатков).

Основным источником пополнения органического вещества почвы в зернотравяном севообороте являются пожнивные и корневые остатки зерновых культур и послеуборочные остатки люцерны.

Исследованиями установлено, что запасы мортмассы в варианте без применения удобрений в среднем за годы исследований были на уровне 9,10 т/га (табл. 2).

Таблица 2

Запасы мортмассы в слое почвы 0-25 см перед посевом яровой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений и соломы (2009-2011 гг.)

Вариант	Запасы мортмассы, т/га	Прирост	
		т/га	%
без удобрений	9,10	-	-
солома* (1,68 т/га)	10,2	1,10	12,0
$N_{10}P_{17}$	11,4	2,30	25,0
$N_{10}P_{17}$ + солома* (1,98 т/га)	12,5	3,40	37,0
$N_{15}P_{23}$	12,1	3,00	33,0
$N_{15}P_{23}$ + солома* (2,20 т/га)	13,5	4,40	48,0
<i>НСР₀₅ минеральных удобрений -1,6 т/га; НСР₀₅ соломы -1,3 т/га; НСР₀₅ частных средних -2,3 т/га</i>			

Примечание: * – доза соломы, т/га севооборотной площади

Существенным фактором, влияющим на накопление мортмассы в почве, являлось применение минеральных удобрений. В зависимости от дозы удобрений запасы мортмассы увеличились на 25-33% в сравнении с вариантом без удобрений. При использовании соломы, как отдельно, так и на фоне минеральных удобрений, наблюдалась тенденция увеличения мортмассы в почве. Наибольшее количество мортмассы (13,5 т/га) наблюдалось на фоне комплексного применения минеральных удобрений и соломы ($N_{15}P_{23}$ + солома), что на 48% выше, чем в варианте без удобрений. Оптимизация питательного режима растений за счет внесения удобрений способствует развитию более мощной корневой системы и растения в целом, что в конечном итоге существенно увеличивает обогащение почвы органическим веществом.

Наблюдения за режимом нитратного азота в почве в зернотравяном севообороте показали, что содержание его в значительной степени зависело от гидротермических условий лет исследований и применения удобрений.

В среднем за годы исследований установлено, что содержание $N-NO_3$ в слое почвы 0-40 см находилось в пределах от 14,9 до 20,5 мг/кг в зависимости от фонов удобрённости, что соответствует среднему и повышенному уровню обеспеченности (табл. 3). Систематическое внесение удобрений в севообороте способствовало улучшению условий азотного питания, обеспеченность нитратным азотом на 21% и 39% была выше на удобренных фонах в сравнении с неудобренным. Внесение соломы не оказывало существенного влияния на содержание нитратного азота в почве.

Содержание подвижного фосфора в неудобренном варианте в слое 0-20 см было на уровне 129 мг/кг почвы, тогда как за счет систематического внесения минеральных удобрений обеспеченность растений P_2O_5 возросла на 59-103 мг/кг (46-80%) в сравнении с вариантом без удобрений. Использование соломы в качестве удобрения не оказало существенного влияния на фосфатный режим почвы. Исследования калийного режима почвы показали, что содержание обменного калия в почве опытных участков очень высокое и не зависело от систематического внесения минеральных удобрений и соломы.

**Содержание элементов минерального питания
в лугово-черноземной почве в среднем по зернотравяному
севообороту в зависимости от применения минеральных
удобрений и соломы, мг/кг (2009-2011 гг.)**

Вариант	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
	0-40 см	0-20 см	
без удобрений	14,9	129	267
солома	15,4	135	275
N ₁₀ P ₁₇	17,9	188	261
N ₁₀ P ₁₇ + солома	18,2	195	263
N ₁₅ P ₂₃	20,5	213	267
N ₁₅ P ₂₃ + солома	20,0	232	271
HCP ₀₅ А	6,8	29	F _ф < F _т
HCP ₀₅ В	F _ф < F _т	F _ф < F _т	F _ф < F _т
HCP ₀₅ АВ	9,7	41	F _ф < F _т

*Примечание: HCP₀₅ А – минеральных удобрений,
HCP₀₅ В – соломы, HCP₀₅ АВ – частных средних.*

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что возделывание многолетних бобовых трав в севообороте, применение соломы в сочетании с рациональным использованием средств химизации способствуют накоплению лабильного органического вещества, что в конечном итоге обеспечивает сохранение гумусового статуса почвы, создает благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Храмцов И.Ф. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на плодородие почвы и продуктивность агроценозов // Длительное применение удобрений. Агрохимические и экологические аспекты. V Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения, посвящ. 45-летию со дня рождения Д.Н. Прянишникова: материалы междунар. науч. конф. г. Новосибирск 12-16 июля 2010 г. Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2011. С. 46-52.
2. Еськов А.И. Перспективы использования возобновляемых ресурсов в земледелии // Всероссийское совещание «Экологические функции агрохимии в современном земледелии». М.: ВНИИА, 2008. С. 69-72.
3. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М.: Россельхозакадемия, 2004. 630 с.

4. Шарков И.Н. Роль растительных остатков зерновых культур в регулировании плодородия почв Сибири // Биологические источники элементов минерального питания растений. III Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения: Материалы Междунар. науч. конф. (Омск 12-16 июля 2005 г.). РАСХН, Сиб. отд.- ние. Новосибирск, 2006. С. 69-77.
5. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера. М., 1984. 245 с.
6. Загорча К.Л. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах. Кишинев: Штиинца, 1990. 287 с.
7. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М., 1990. 218 с.
8. Шевцова Л.К., Романенков В.А. Гумусное состояние почв в современном земледелии и его изменения при длительном применении различных систем удобрения / под ред. В.Г. Сычёва; ВАСХНИЛ, ВНИИА // Актуальные проблемы агрохимической науки (к 75-летию ВНИИА): сб. статей М., 2007. С. 79-92.
9. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. М.: ЦИНАО, 2003. 228 с.
10. Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Шепелев А.Г. Изучение изменений содержания лабильного органического вещества в почве при использовании ее в различных севооборотах // Проблемы рационального использования малопродуктивных земель: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Омск, 2009. С. 98-102.

УДК: 631.417.2:631.82

Л.П. ГАЛЕЕВА, д-р с.-х. наук
Новосибирский ГАУ, Новосибирск

ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

На территории Западной Сибири на долю почв с низким и очень низким содержанием гумуса приходится 30%, средним и повышенным – 57%, а на почвы с высоким и очень высоким содержанием – всего 13% площади [1].

При сельскохозяйственном использовании в почвах создаётся дефицитный баланс органического вещества, который обу-

словлен минерализацией гумуса. Содержание его в почве постепенно уменьшается, в основном, за счёт так называемого молодого, активного, наиболее подвижного гумуса, который влияет на образование структуры почвы, пополнение в ней содержания питательных веществ и другие процессы [2, 3]. Поэтому продуктивность почв имеет тесную связь с наименее прочно закреплённой в ней первой группой гумусовых веществ – «подвижными» или лабильными формами гумуса, доля которых в составе гумуса возрастает при окультуривании почв.

В зависимости от системы земледелия доля гумуса в природных фитоценозах уменьшается до определенного неизменного уровня [4-8]. Установлено, что интенсивность и глубина изменений количественных и качественных показателей гумуса обусловлены длительностью использования почв, климатическими и агротехническими условиями. Если с начала распашки целины и залежи систематически вносить удобрения, то удаётся поддерживать исходный уровень содержания гумуса в почвах. Стабилизация его содержания в почве длительных опытов происходит в течение 30-50 лет [9-12].

Систематическое применение минеральных и органических удобрений в климатических условиях Сибири положительно влияет на процессы гумусообразования, позволяя не только стабилизировать, но и повышать содержание органического вещества в почве [5]. Под влиянием длительного применения удобрений значительно возрастает доля гуминовых кислот, менее значимо – фульвокислот и негидролизуемого остатка.

Обеднение пахотных почв гумусом в современных условиях связано в основном с резким сокращением применения органических и минеральных удобрений. Использование мощной техники для обработки почвы часто приводит к нарушению глубины вспашки и вовлечению в пахотный слой нижележащих слабогумусированных горизонтов, к разбавлению и уменьшению содержания гумуса. Особенно заметно этот процесс протекает в почвах, подвергающихся водной и ветровой эрозии.

Урожаи сельскохозяйственных культур в Новосибирской области в последние годы, в связи с дефицитом применения удобрений, получают, в основном, за счёт естественного плодородия почв.

В этой связи для основных типов почв области определены величины критических уровней содержания гумуса. По данным исследований [6], проведённых на чернозёмах, установлено, что заметное уменьшение урожайности зерновых культур при применении комплекса средств химизации происходит при снижении содержания гумуса ниже 3,5%. Эта величина может быть принята в настоящее время за критический уровень содержания гумуса в почвах хозяйств.

Западная Сибирь – зона рискованного земледелия. Анализ многолетних погодных условий показал, что в лесостепной зоне из каждых 10 лет только 2 благоприятны по увлажнению для возделывания яровой пшеницы, а остальные 8 в той или иной степени подвержены засухе, которая снижает эффективность удобрений. В условиях дефицита влаги в почве одним из приёмов повышения отдачи от удобрений является их внесение с семенами при посеве либо локализация в более увлажнённые слои почвы [13, 14]. Авторами [15] предложено понятие «критическая влага». Влажность почвы ниже «критической» резко снижает урожайность зерновых культур. Величина «критической влаги» в почве зависит в основном от запасов продуктивной влаги с учётом гранулометрического состава. Для чернозёмов выщелоченных северной лесостепи среднесуглинистых по гранулометрическому составу критические запасы продуктивной влаги в метровом слое составляют 112 мм. При выборе способа внесения удобрений учитывают, прежде всего, влагообеспеченность почвы и выпадение осадков в первой половине лета. При осенних запасах продуктивной влаги ниже критической и прогнозе на засушливое лето удобрения вносить не рекомендуется. Весной, если ситуация не изменилась, можно ограничиться только рядковым внесением 20 кг д.в./га фосфора с семенами. При весенних запасах продуктивной влаги выше критической и прогнозе на влажное лето разница между способами внесения удобрений отсутствует, поэтому их целесообразно вносить локально. В зависимости от способа внесения дозы азотных и фосфорных удобрений не должны превышать 60-40 кг д.в./га.

Влияние способов внесения удобрений на гумусовое состояние чернозёма выщелоченного и продуктивность яровой пшеницы изучали в полевом опыте на учебно-опытном поле

НГАУ учхоза «Тулинское» (северная лесостепь Приобья). Почва опытного участка – чернозём выщелоченный среднесуглинистый иловато-крупнопылеватый, который более 50 лет используется в пашне. Содержание гумуса в пахотном слое почвы – 5,70%; рН – 7,17; N – 0,266; P – 0,191%; нитратный азот – 13,1, а в слое 0-40 см – 19,3 мг/кг; легкодоступный фосфор – 0,38; подвижный фосфор – 109,8; обменный калий – 153,4 мг/кг; сумма обменных оснований 38,8 мг-экв/100 г почвы, из которых 77,1% приходится на кальций.

Варианты опыта: 1. Контроль (без удобрений). 2. Разбросное внесение удобрений (вручную перед весенней культивацией). 3. Рядковое внесение (сеялкой СН-16 при посеве с семенами). 4. Локальное (врезание сеялкой СН-16 на глубину 10-12 см перед посевом). Удобрения вносили в виде азофоски (16% д.в. – 1:1:1). Повторность опыта 4-х кратная, площадь делянки 75 м² (5x15), расположение делянок – ярусное. Борьбу с сорняками проводили опрыскиванием посевов препаратом гепард-экстра КЭ (100+27 г/л) из расчёта 0,6 л /га. Почвенные образцы отбирали с двух несмежных повторностей бурением до глубины 100 см через 20 см ежегодно, весной – до посева и осенью – перед уборкой.

Перед закладкой опыта в слое 0-20 см чернозёма выщелоченного содержание и запасы гумуса были средними – 5,7-6,3% (114-127 т/га). Удобрения, вносимые разными способами в течение 3-х лет, поддерживали их в пахотном и подпахотном слое почвы (рис. 1).

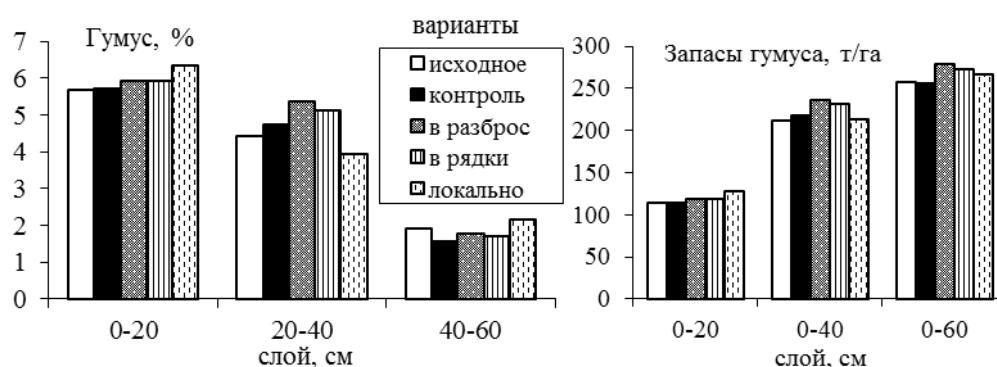


Рис. 1. Влияние способов внесения удобрений на содержание и запасы гумуса в чернозёме выщелоченном

Согласно данным авторов [15], минимальное изменение содержания гумуса в почве, оказывающее заметное влияние на

её свойства, составляет 0,3% С, или 0,5% гумуса. Следовательно, удобрения, вносимые разными способами, не могли оказать существенного влияния на изменение свойств чернозёма выщелоченного.

Анализ фракционного состава гумуса чернозёма опытного поля показал, что возделывание зерновых культур в течение 3-х лет без удобрений (контроль) не влияло на количество ГК, но уменьшало на 43% фракцию ГК 1 (свободные и связанные с полуторными оксидами кислоты, табл. 1).

Таблица 1

Фракционный состав гумуса чернозёма выщелоченного при разных способах внесения удобрений, слой 0-20 см, учхоз «Тулинское»

Показатели		Варианты	Исходное содержание	Контроль (без удобрений)	N43P43K43		
					в разброс	в рядки	локально
общий органический С, % к почве			3,0	2,9	3,0	3,0	3,3
Гуминовые кислоты	1		4,6	6,6	4,9	4,7	4,3
	2		30,1	30,1	29,6	30,3	31,0
	3		10,5	9,3	8,8	7,3	5,2
	сумма		45,2	46,0	43,3	42,3	40,5
Фульвокислоты	1а		2,6	3,1	2,9	3,0	2,5
	1		3,3	1,7	2,3	5,0	3,4
	2		12,1	13,2	13,0	14,3	6,4
	3		9,2	15,6	13,0	11,3	10,4
	сумма		27,2	33,6	31,2	33,6	22,7
сернокислый гидролизат			72,4	79,6	74,6	76,0	63,2
негидролизуемый остаток			27,6	20,4	25,4	24,0	36,8
С гк:С фк			1,7	1,4	1,4	1,3	1,8

Содержание других фракций ГК при этом практически не изменялось. Удобрения при всех способах их внесения, усиливая минерализацию органического вещества почвы, незначительно уменьшали долю ГК, а в их составе на 26-34% ГК 1 и на

21 и 44% ГК 3 при рядковом и локальном внесении. В целом, количество ГК достоверно уменьшалось только при локальном внесении удобрений (на 12%), при остальных способах оно не изменялось. Содержание ФК в пахотном слое контроля возросло на 23% по сравнению с исходным их количеством, в основном, за счёт увеличения на 70% в их составе ФК 3, а также на 19% ФК 1а, которые пополнялись за счёт ФК 1 (на 47%). Только при локальном внесении удобрения уменьшали на 32% количество ФК, а в их составе на 21; 51 и 33% содержание 1а, 2-й и 3-й фракций соответственно. При других способах внесения удобрения не влияли на содержание ФК, не изменяя при этом количество ФК 1а и увеличивая на 32 и 189% – ФК 1.

Изменения содержания ГК и ФК повлияли на отношение $C_{гк}:C_{фк}$ и качество гумуса. Возделывание зерновых без применения удобрений уменьшило это отношение с 1,7 до 1,4. Удобрения при всех способах их внесения поддерживали качество гумуса по сравнению с контролем, а локальное внесение увеличивало отношение $C_{гк}:C_{фк}$ в пахотном слое с 1,3 до 1,8 [16].

Запасы продуктивной влаги в пахотном слое чернозёма выщелоченного учхоза «Тулинское» в течение 3-х лет исследований были близки к оптимальным или превышали их, что положительно повлияло на действие удобрений, позволивших получить высокую урожайность пшеницы. Наибольшая прибавка её составила 9,4 и 7,8 ц/га (70 и 58% к контролю) при рядковом и разбросном внесении удобрений.

Таким образом, чернозёмы выщелоченные северной лесостепи Приобья для эффективного действия минеральных удобрений нуждаются в накоплении продуктивной влаги не ниже критического уровня, что возможно за счёт ранней зяблевой вспашки, чередования отвальной обработки с безотвальной либо проведения минимальной обработки на высоком фоне применения пестицидов, сбережения влаги с помощью снегозадержания и снегоуплотнения зимой и рационального использования весной – ранневесеннее боронование, культивация. Окупаемость 1 кг д.в. удобрений зерном варьировала по годам и в среднем за 3 года их применения наибольшей была при рядковом и разбросном внесении азофоски – 11,5 и 10,5 кг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хмелёв В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск: СО РАН, 2009. 349 с.
2. Динамика гумусного фонда чернозёма типичного после распашки залежи при разных системах удобрения / Б.С. Носко, В.И. Бабынин, Т.А. Юнакова [и др.] // Агрохимия. 2006. № 2. С. 5-15.
3. Хабиров И.К., Сергеев В.С. Содержание гумуса в чернозёме в зависимости от системы земледелия // Плодородие. 2007. № 1. С. 16-17.
4. Ганжара Н.Ф., Васильев В.А. Влияние органических веществ на свойства почв и урожай // Агрохимия. 1985. № 2. С. 70-74.
5. Гамзиков Г.П., Кулагина М.Н. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования. М.: ВНИИТЭИагропром, 1992. 48 с.
6. Воспроизводство гумуса как составная часть системы управления плодородием почвы: методическое пособие / И.Н. Шарков, А.А. Данилова, А.С. Прозоров [и др.]; Россельхозакадемия. ГНУ Сиб. науч.-исслед. ин-т земледелия и химизации сел. хоз-ва. Новосибирск, 2010. 36 с.
7. Хабиров И.К., Сергеев В.С. Содержание гумуса в чернозёме в зависимости от системы земледелия // Плодородие. 2007. № 1. С. 16-17.
8. Дедов А.В., Придворев Н.И., Верзилин В.В. Трансформация послеуборочных остатков и содержание водорастворимого гумуса в чернозёме выщелоченном // Агрохимия. 2004. № 2. С. 13-22.
9. Кошелева И.Т., Толстухина А.С. К вопросу об окультуривании почв Северного Приобья // Почвоведение. 1957. № 2. С. 78-82.
10. Каплюк Л.Ф. Качественный состав гумуса почв Обской лесотундры // Почвоведение. 1962. № 5. С. 51-62.
11. Клёнов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной. Новосибирск: СО РАН, филиал «Гео». 2000. 176 с.
12. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
13. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. Новосибирск, 2002. 388 с.
14. Формирование корневой системы и поглощение воды растениями сортов яровой твёрдой пшеницы с различной отзывчивостью на локальное внесение минерального удобрения / В.К. Трапезников, И.И. Иванов, Н.Г. Тальвинская [и др.] // Агрохимия. 2009. № 7. С. 11-19.
15. Способы внесения минеральных удобрений под яровую пшеницу в Сибири: Рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. Новосибирск. 1991. 40 с.
16. Галеева Л.П. Влияние удобрений на плодородие почв северной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Тюмень, 2013. 32 с.

А.С. БИЛГУЕВ^{1,2}, канд. биол. наук,
А.К. УЛАНОВ¹, канд. с.-х. наук
Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ¹
Бурятская ГСХА им В.Р. Филиппова, Улан-Удэ²

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА И АЗОТА В КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ

Длительное сельскохозяйственное использование почв изменяет характер и интенсивность почвообразовательного процесса, приводит к значительному изменению ее агрономических свойств. Широкое вовлечение каштановых почв Бурятии в сельскохозяйственный оборот было связано с периодом освоения целинных и залежных земель в конце 60-х годов. К концу 20 века до 2/3 пашни в республике размещалось в сухостепной зоне. Изменение естественных условий формирования почв, значительная антропогенная нагрузка привели к снижению их потенциального плодородия. Дефляция, усиленная минерализация при паровании, постоянное отчуждение минеральных веществ почвы привели к значительной потере гумуса [2-5]. По расчетам А.И. Куликова и др. [6], после распашки почв из пахотного слоя было утрачено около 41 т/га гумуса, при этом наибольшие его потери связаны с дефляцией (82%), часть потерь – с минерализацией 18%. В настоящее время содержание гумуса в каштановых почвах пашни оценивается как очень низкое.

Снижение содержания органического вещества привело и к снижению общего азота, количественным изменениям его фракционного состава. Одним из основных приемов регулирования плодородия почв является применение органических и минеральных удобрений в севообороте. Уникальный по продолжительности агрохимический опыт на каштановых почвах (1967-2017 гг.) позволяет провести исследования по определению закономерностей изменения содержания органического вещества почвы, общего азота и его фракций под влиянием длительного применения факторов интенсификации земледе-

лия: обработка, севооборот, удобрения. Данный опыт входит в систему географической сети опытов с удобрениями, научно-методическая основа которых была разработана Д.Н. Прянишниковым [1].

Установленные закономерности позволят перейти к практическому управлению процессами трансформации органического вещества с целью создания и поддержания гумусного и азотного состояния на заданном количественном уровне.

Методика и объекты исследований. Динамика изменения содержания гумуса и общего азота в каштановых почвах при систематическом применении минеральных и органических удобрений в зернопаровом севообороте изучалась в длительном агрохимическом опыте БурНИИСХ, заложенном в 1967 году в центральной сухостепной зоне на каштановых почвах [6-9]. Анализ изменения показателей плодородия проводился в сравнении вариантов: контроль – без удобрений; P_{20} ; $N_{40}P_{40}$; $P_{40}K_{40}$; $N_{40}K_{40}$; $N_{40}P_{40}K_{40}$; 10 т/га навоза + $N_{50}P_{25}K_{60}$ (экв-т 10 т/га навоза); навоз 20 т/га; навоз 40 т. Органические и органоминеральные удобрения вносятся в паровое поле, минеральные (Naa , Psd , Kx) – под культуры севооборота. Система обработки почв зональная, рекомендованная для сухостепной зоны Бурятии [10]. Содержание гумуса определялось по методу Тюрина в модификации Симакова, общего азота – по Кьельдалю-Иодльбауэру [11], фракционный состав азота почвы – методу Ф.К. Воробьева в модификации Э.И. Шконде и И.Е. Королевой [12].

Результаты исследований. Содержание гумуса и динамика его изменения при длительном систематическом внесении удобрений менялись в зависимости от системы и доз удобрений (табл. 1). В результате статистического анализа выявлено достоверное снижение относительно исходного содержания гумуса на контрольном варианте и при внесении одно-, двух-, и трехкомпонентных туков. После 50 лет проведения исследований потери гумуса по вариантам опыта составили: на контроле – 33,1% от исходного, а при внесении минеральных удобрений – 32,8-19,8%. Внесение полного минерального удобрения ($N_{40}P_{40}K_{40}$) способствовало снижению темпов его потерь по сравнению с вариантом без удобрений, которое, на наш взгляд, обусловлено относительно большим накоплением органических остатков.

Таблица 1

Содержание гумуса (%) в пахотном слое каштановых почв при длительном применении удобрений

Вариант	Содержание гумуса, %	Изменение содержания гумуса, %	Среднегодовое изменение содержания гумуса, %
Исходное содержание в 1967 г.	1,31	-	
Контроль – без удобрений	0,87	-0,440	-0,0088
P ₂₀	0,90	-0,410	-0,0082
N ₄₀ P ₄₀	0,90	-0,410	-0,0082
P ₄₀ K ₄₀	0,88	-0,430	-0,0086
N ₄₀ K ₄₀	1,02	-0,290	-0,0058
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	1,05	-0,260	-0,0052
10 т/га навоза + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	1,21	-0,100	-0,002
Навоз 20 т	1,42	0,110	0,0022
Навоз 40 т	1,71	0,400	0,008

НСР₀₅ (0,12%)

Внесение органоминерального удобрения (10 т/га навоза + N₅₀P₂₅K₆₀) и навоза в дозе 20 т/га в паровое поле позволили сохранить его исходное содержание. Отметим, что на варианте с внесением органического удобрения наблюдалась положительная динамика роста в отличие от внесения органоминерального удобрения.

Достоверное увеличение содержания гумуса выявлено лишь на варианте с внесением 40 т/га навоза в паровое поле. Внесение этой дозы навоза обеспечило положительный баланс гумуса, превышение от исходного содержания составило 30,5%, или 11 т/га гумуса. Этому способствовало суммарное увеличение содержания органического вещества не только за счет внесения навоза, но и большего поступления корне-поживных остатков относительно контроля [7-9].

При относительно равном количестве поступающей в почву фитомассы, запасы гумуса при минеральной (N₄₀P₄₀K₄₀) системе удобрений были ниже, чем в органической (40 т/га наво-

за) системе в 1,6 раза и составляли соответственно 31,7 и 50,6 т/га в слое 0-20 см. Прирост запасов гумуса происходил исключительно за счет гумификации навоза.

Снижение содержания валового азота связано в первую очередь со снижением содержания гумуса ($r=0,95$) и в целом органического вещества [13, 16-18]. Динамика общего азота при длительном применении удобрений имела разнонаправленную тенденцию (табл. 2) в зависимости от видов удобрений.

Таблица 2

Изменение содержания общего азота в каштановой почве (слой 0-20 см) при длительном применении удобрений

Вариант	Н общий, мг/кг	Изменение содержания N общий, мг/кг	Среднегодовое изменение N общий, мг/кг
исходное содержание в 1967 г.	900	-	-
контроль – без удобрений	720	-180	-3,7
P ₂₀	725	-175	-3,6
N ₄₀ P ₄₀	765	-135	-2,8
P ₄₀ K ₄₀	750	-150	-3,1
N ₄₀ K ₄₀	770	-130	-2,7
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	810	-90	-1,8
10 т/га навоза + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	940	40	0,8
Навоз 20 т	940	40	0,8
Навоз 40 т	1050	150	3,1

НСР₀₅ (47 мг/кг)

Использование пашни без внесения органических удобрений привело к снижению содержания общего азота. При этом варианты – контроль без удобрений и с внесением минеральных удобрений в виде суперфосфата и различных парных сочетаниях – показали схожие показатели падения уровня общего азота за годы проведения опыта – 10,0-19,4%, при этом относительно более низкие темпы падения наблюдались при внесении полного минерального удобрения N₄₀P₄₀K₄₀, а самые высокие – фосфорного удобрения (Рдс). Внесение 40 т/га позволило не только сохранить исходное содержание валового азота в пахотном горизонте каштановых почв, но и увеличить его содержание на 17%.

Исследование фракционного состава соединений азота, определяемого по методу Ф.К. Воробьева в модификации Э.И. Шконде и И.Е. Королевой, позволяет разделить пул почвенного азота по степени подвижности. Наиболее мобильной фракцией является минеральный азот (“минеральный подвижный” – нитратный, нитритный и обменный аммонийный). Легкогидролизуемая фракция (ЛГ), в которой идентифицируются амиды и часть аминов, считается ближайшим резервом минерализации. Потенциально минерализуется трудногидролизуемая фракция (ТГ), которая включает: амины, часть амидов, часть необменного аммония и азот гуминов. Практически не минерализуется в почве НГ фракция – азот гуминов, меланинов, битумов, необменный аммоний [12].

Укороченность профиля каштановых почв способствует аккумуляции азота именно в верхнем слое, до 30 см. Нами изучено влияние длительного применения (50 лет) различных систем удобрений: минеральной, органоминеральной и органической на динамику фракционного состава азота в слое почвы 0-30 см. Для сравнительного анализа изменения фракционного состава азота при длительном сельскохозяйственном использовании в качестве исходного выбран вариант с залежной почвой, участок сохранен на опытном поле в исходном состоянии с 1967 года (табл. 3).

Материалы по изучению фракционного состава каштановых почв агрохимического стационара показали, что большая часть органического почвенного азота в пахотном горизонте 0-30 см (80-84%) представлена негидролизруемыми и трудногидролизруемыми соединениями. Содержание резервной легкогидролизуемой фракции составляет 12-16%, количество минерального азота – 2,7-4,1%. Отметим, что относительно высокое содержание минеральных форм связано с основным внесением удобрений в паровое поле. Определение фракционного состава проводилось на этих участках весной до посева первой культуры – пшеницы по пару.

Содержание азота легко- и трудногидролизуемых фракций в каштановой почве незначительно отличается по содержанию, что свидетельствует о более высокой подвижности азота каштановых изучаемых почв в сравнении с их европейскими аналогами.

Таблица 3

Содержание фракций почвенного азота в каштановой почве при длительном применении удобрений в слое почвы 0-30 см

Вариант	Общий азот, %	Минеральный		Легкогидролизуемый		Трудногидролизуемый		Негидролизуемый	
		мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
залежь (50 лет)	0,112	30,6	2,7	125,5	11,2	163,2	14,6	800,7	71,5
контроль – без удобрений	0,075	23,8	3,2	97,0	12,9	84,7	11,3	544,5	72,6
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	0,078	30,6	3,9	102,3	13,1	92,1	11,8	555,4	71,2
навоз 20 т/га	0,095	35,8	3,8	128	13,5	115,0	12,1	671,2	70,7
навоз 40 т/га	0,11	42,3	3,8	156,5	14,2	152,1	13,8	749,1	68,1
10т/га+ N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	0,097	39,9	4,1	155,5	16,0	92,6	9,5	682,0	70,3

В процессе длительного использования пахотной каштановой почвы происходит перераспределение азота из трудногидролизуемой фракции в более мобильные – минеральную и легкогидролизуемую фракции [15-17]. Выявлено, что при длительном использовании пашни содержание общего азота снизилось на 33%, в сравнении вариантов залежь и контроль. Основной статьей потерь является негидролизуемая фракция (31%), стойких органических соединений, не поддающихся гидролизу даже 5 н. H₂SO₄. Азотсодержащие соединения, которые не поддаются гидролизу 5 н. H₂SO₄, в основном представлены гуминовыми и фульвокислотами, прочно связанными с малоподвижными полуторными окислами и кальцием, с минеральной частью почвы, а также нерастворимым остатком. Потеря этой фракции происходила, на наш взгляд, за счет потерь гумуса вследствие дефляционных процессов.

Внесение полного минерального удобрения N₄₀P₄₀K₄₀ незначительно повысило содержание валового азота (4%). При этом вклад НГ фракции был наиболее ощутимым – 10,9 мг/кг. Выявлено, что в сибирских почвах значительное количество

(20-40%) азота удобрений иммобилизируется в состав органических соединений [2].

Длительное применение органических удобрений положительно влияло на сохранение азотного фонда почвы. Так, внесение 40 т/га навоза в паровое поле в четырехпольном севообороте повысило содержание валового азота на 46,6%. При этом возросло содержание всех фракций почвенного азота. Содержание НГ возросло на 204,6 мг/кг относительно контроля, однако не достигло уровня целинной почвы, ТГ и ЛГ фракции повысились соответственно на 67,4 и 59,5 мг/кг. Подвижные минеральные формы азота увеличились на 18,5 мг/кг. Отметим, что наибольшее относительное превышение отмечено по фракции ТГ азота – 79,5%, минеральным формам – 77,7%; ЛГ – 61,3%. Наименьшее увеличение по НГ фракции азота – 37,5 %. Внесение меньшей дозы навоза (20 т/га) также привело к повышению содержания всех фракций почвенного азота, однако на меньшую величину, чем при внесении 40 т/га. При этом наибольший рост отмечен по минеральным формам – 50,4%. Увеличение других фракций составило соответственно ТГ – 35,7; ЛГ – 31,9 и НГ – 23,2%.

Заключение. В результате статистического анализа выявлено достоверное снижение относительно исходного содержания гумуса на контрольном варианте и при внесении одно-, двух-, и трехкомпонентных туков. Внесение органоминерального удобрения (10 т/га навоза + $N_{50}P_{25}K_{60}$) и навоза в дозе 20 т/га в паровое поле позволили сохранить его исходное содержание, а внесение 40 т/га навоза существенно повысило содержание гумуса. Систематическое применение полного минерального удобрения $N_{40}P_{40}K_{40}$ ежегодно под все поля севооборота не способствовало изменению азотного статуса 0-30 слоя почвы. Содержание общего азота и его фракций различались незначительно. Отмечено лишь существенное превышение минерального азота на 28,5%. Органоминеральная система удобрений – 10 т/га + $N_{50}P_{25}K_{60}$ в отличие от органической системы позволило более существенно повысить содержание ЛГ и минеральной фракций почвенного азота. В меньшей степени увеличилось содержание НГ и ТГ фракций. Длительное применение органических удобрений позволило не только увеличить общее содержа-

ние, но и улучшить качественный состав почвенного азота. При внесении навоза повышается содержание минеральных форм и потенциального резерва азотного питания ТГ, в меньшей степени – ближайшего резерва минерализации (ЛГ), наименьшее увеличение отмечалось по негидролизуемой фракции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1953. Т. 2. 492 с.
2. Гамзиков Г.П., Кулагина М.Н. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования. М.: ВНИИТЭИагропром, 1992. С. 49.
3. Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах / В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев [и др.]. М.: Изд-во МСХА, 1993. 93 с.
4. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
5. Ишигенов И.В., Максимов В.Е. Пути повышения плодородия почв и устойчивости земледелия в условиях Бурятии // Почвенные ресурсы Забайкалья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. С. 137-141.
6. Куликов А.И., Дугаров В.И., Корсунов В.М. Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика и прогноз продуктивности. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1997. 312 с.
7. Билтуев А.С., Лапухин Т.П., Будажапов Л.З.В. Климат, плодородие почв и продуктивность зерновых культур в аридных условиях Забайкалья: состояние и прогноз: монография. Улан-Удэ: Бурятская ГСХА, 2015. 141 с.
8. Уланов А.К., Будажапов Л.В., Билтуев А.С. Динамика изменения содержания гумуса каштановой почвы Забайкалья в длительных опытах с основными приемами земледелия // Плодородие. 2017. №2 (95). С. 42-45.
9. Уланов А.К., Будажапов Л.В., Билтуев А.С. Изменение содержания и состава органического вещества каштановой почвы под влиянием длительного агрогенного воздействия в условиях Бурятии // Агрохимия. 2017. № 9. С. 90-96.
10. Система земледелия Бурятской АССР // Рекомендации ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние БурНИИСХ. Новосибирск, 1989. 332 с.
11. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / отв.ред. В.Д. Панников. М.: ВИУА, 1983. 171 с.
12. Шконде Э.И., Королева И.Е. О природе и подвижности почвенного азота // Агрохимия. 1964. №10. С. 17-36
13. Об азотном и фосфатном фондах почв Бурятской АССР / Н.Е. Абашеева, Г.Д. Чимитдоржиева, Э.И. Осипова [и др.] // Агрохимия. 1985. № 11. С. 13-17.

14. Билтуев А.С., Будажапов Л.В. Модели определения содержания минеральных форм азота в каштановых почвах Забайкалья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 10. С. 5-9.
15. Воробьев Ф.К. Поглощение растениями различно закрепленных соединений азота черноземной почвы // Питание растений азотом и некоторыми зольными элементами. 1940. Вып. 26. С. 159-169.
16. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 266 с.
17. Загузина Н.А. Содержание и формы соединений азота в целинных и пахотных почвах Бурятии // Гумус и почвообразование: науч. тр. ЛСХИ. Л.-Пушкин, 1976. Т. 329. С. 27-35.
18. Содержание, запасы и состав соединений азота и фосфора в неорошаемых и орошаемых каштановых почвах Забайкалья / Л.Л. Убугунов, М.Г. Меркушева, В.М. Убугунова [и др.] // Агрохимия. 1999. № 0. С. 25-34.
19. Лапухин Т.П. Система применения удобрений в полевых севооборотах на каштановых почвах сухой степи Забайкалья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Барнаул, 2000. 32 с.

УДК: 631.816.11 :631.811.1 : 631.452

С.А. КОЛБИН, науч. сотр.,
Л. М. САМОХВАЛОВА, науч. сотр.
И.Н. ШАРКОВ, д-р биол. наук
СибНИИЗиХ СФНЦА, Новосибирск

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ВНЕСЕНИЯ
АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА АЗОТМИНЕРАЛИЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ
ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ**

В Западной Сибири зерновые культуры в основном возделываются в зернопаровых севооборотах на естественном фоне или с применением малых доз минеральных удобрений. Длительное использование почв в агроценозах при экстенсивных и нормальных технологиях возделывания культур зачастую приводит к снижению потенциального плодородия почвы [1]. Одним из важных аспектов данного процесса является снижение содержания легкодоступных для растений соединений элемен-

тов питания в почве – азота, фосфора и калия. При этом дефицит азота в почве имеет особую значимость, так как при сравнительно большой потребности в нем растений возможность его продуцирования старопахотными почвами ограничивается скоростью минерализации азотсодержащих соединений и высокой конкуренцией за минеральные формы элемента со стороны почвенной микрофлоры [2, 3].

В настоящее время применение удобрений в Сибири не превышает нескольких килограммов на гектар пашни, что позволяет сделать вывод о формировании урожаев культур преимущественно за счет ресурсов самой почвы. В то же время имеются хозяйства, использующие интенсивные технологии возделывания зерновых культур, обязательным элементом которых является использование научно-обоснованных доз минеральных удобрений. В таких хозяйствах поддерживается высокий уровень плодородия почвы, и среднегодовая урожайность зерновых культур составляет, как правило, выше 3 т/га. При этом в структуре прямых затрат интенсивных технологий возделывания зерновых расходы на применение азотных удобрений составляют достаточно большую долю – около 15% [4], поэтому важно обеспечить их высокоэффективное использование. Для этого азотные удобрения должны лишь дополнять до минимально необходимого уровня то количество минерального азота, которое образуется в почве вследствие минерализации органического вещества.

Цель работы заключается в оценке влияния систематического применения азотных удобрений в стационарных полевых опытах на азотминерализующую способность почвы.

Азотминерализующую способность почвы определяли по выносу почвенного азота растениями овса в вегетационном опыте. Почвенные образцы были отобраны из слоя 0-25 см спустя 12 лет использования почвы в 2-х севооборотах: чистый пар – пшеница – пшеница и пшеница-ячмень. Для сравнения использовали также почву с рядом расположенного поля 12-летнего бессменного чистого пара.

Севообороты были заложены в лаборатории плодородия почв СибНИИЗиХ и освоены в 2004 году, почвенные образцы отобраны осенью 2015 года. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию. В севообороте пшеница – яч-

мень было 4 фона удобренности: контроль (N0) и удобрение аммиачной селитрой в дозах 30, 60 и 90 кг N/га. В зернопаровом севообороте почва была отобрана с неудобрявшихся (N0P0) и удобрявшихся (N40P15) делянок. Азотно-фосфорное удобрение вносили на поля следующим образом: в паровом поле – 45 кг/га P_2O_5 , первая пшеница – N40, вторая пшеница – N80. Культуры в севооборотах возделывали с применением всего комплекса пестицидов (по интенсивной технологии), солому измельчали и заделывали в почву. Зяблевая обработка почвы – вспашка.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса в пахотном слое – 5,8%, общего азота – 0,35%, реакция среды – близкая к нейтральной. Почва хорошо обеспечена подвижным фосфором и обменным калием, содержание P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 23 и 18 мг/100 г почвы соответственно.

Вегетационный опыт был заложен в 4-х кратной повторности в сосудах диаметром 10,5 см и высотой 25 см. В каждый сосуд набивали при плотности 1 г/см³ по 1980 г сухой почвы, в которую добавляли фосфорно-калийное удобрений в дозе $P_{100}K_{100}$. Почву увлажняли до оптимальной влажности (60% от ПВ). В каждом сосуде выращивали по 5 растений овса до фазы цветения. Всего было осуществлено 3 цикла выращивания растений, причем между первым и вторым циклами промежуток времени составлял около 15 дней, между вторым и третьим – 3 месяца. Влажность почвы в период между циклами поддерживали на оптимальном уровне с помощью периодических поливов, как и в процессе проведения опыта.

Перед закладкой вегетационного опыта почвенные образцы существенно различались по уровню обеспеченности нитратным азотом (табл. 1). По индексу обеспеченности растений минеральным азотом [1] очень низкая обеспеченность была характерна для образцов, отобранных с неудобрявшихся делянок, низкая – при ежегодном удобрении N60, очень высокая – для образцов с поля бессменного чистого пара. После 3 циклов выращивания растений овса содержание нитратного азота в почве было близко к нулю. Таким образом, в данном случае существенное влияние на стартовое содержание минерального азота в почве оказывали два фактора – ежегодное применение азотного удобрения (начиная с дозы 60 кг N/га) и парование почвы.

**Стартовое содержание нитратного азота в почве
и после третьего цикла выращивания овса
в вегетационном опыте**

Вариант отбора почвенных образцов в полевом опыте	Фон удобренности в полевом опыте	Содержание N-NO ₃ , мг/кг	
		до закладки опыта	после окончания опыта
Севооборот: пшеница – ячмень	N0	5	следы
	N30	5	то же
	N60	10	- « -
	N90	10	- « -
Севооборот: чистый пар – пшеница – пшеница	N0P0	8	- « -
	N40P15	8	- « -
12-летний бессменный чистый пар	N0P0	68	- « -

Наибольшая урожайность овса была получена в 1-й цикл выращивания, во втором она снизилась в 3-4 раза (с почвой после бессменного пара – примерно в 12 раз). В третьем цикле, вследствие длительного хранения увлажненной почвы в сосудах после второго выращивания, биомасса овса была близка к величинам, полученным в первом цикле (табл. 2). Ежегодное применение возрастающих доз азотного удобрения в севооборотах обеспечило достоверное увеличение биомассы овса в вегетационном опыте на 8-16%.

Закономерности выноса почвенного азота надземной массой овса на вариантах опыта соответствовали полученной продуктивности овса (табл. 3). Наибольший вынос почвенного азота растениями овса зафиксирован на варианте бессменного пара, что было обусловлено высоким стартовым содержанием нитратного азота в почве. В то же время азотминерализующая способность почвы (вынос азота растениями за вычетом стартового содержания нитратного азота в почве) у бессменного пара оказалась минимальной – 17 мг N/кг.

Применение азотного удобрения в севооборотах в течение 12 лет повысило азотминерализующую способность почвы примерно на 11%.

Таблица 2

**Надземная биомасса овса за три цикла выращивания
в вегетационном опыте**

Вариант отбора почвенных образцов в полевом опыте	Фон удобренности в полевом опыте	Воздушно-сухая биомасса овса, г/сосуд			
		1 цикл	2 цикл	3 цикл	сумма
Севооборот: пшеница – ячмень	N0	6,2	2,1	7,2	15,5
	N30	6,8	2,2	7,7	16,7
	N60	7,6	2,3	8,0	17,9
	N90	8,3	2,3	7,5	18,0
Севооборот: чистый пар – пшеница – пшеница	N0P0	7,2	2,1	7,0	16,3
	N40P15	7,3	2,6	6,7	16,6
12-летний бес-сменный чистый пар	N0P0	11,4	1,0	4,1	16,5
НСР ₀₅		0,5	0,4	0,5	0,8

Таблица 3

**Вынос почвенного азота надземной биомассой овса
в вегетационном опыте**

Вариант отбора почвенных образцов в полевом опыте	Фон удобренности	Вынос азота овсом, мг N/сосуд				Азотминерализующая способность почвы, мг N/кг
		1 цикл	2 цикл	3 цикл	сумма	
севооборот: пшеница – ячмень	N0	42	24	57	123	57
	N30	48	23	61	132	62
	N60	57	24	62	143	62
	N90	61	22	61	144	63
севооборот: чистый пар – пшеница – пшеница	N0P0	49	21	56	126	56
	N40P15	54	26	59	139	62
12-летний бес-сменный чистый пар	N0P0	122	11	34	167	17
НСР ₀₅		4	3	4	6	5

Таким образом, под влиянием 12-летнего применения азотного удобрения в зерновых севооборотах произошло значительное, примерно на 11%, повышение азотминерализующей способности почвы. Можно полагать, что в действительности это повышение было более значительным, поскольку в вегетационном опыте не учитывалось различие в выносе почвенного азота корнями овса. Бессменное парование почвы в течение 12 лет обусловило примерно 4-кратное снижение ее азотминерализующей способности в сравнении с использованием в севооборотах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах / Рос. Акад. С.-х. наук, Сиб. Отд-ние. Новосиб. Гос. аграр. Ун-т. Новосибирск, 2013. 790 с.
2. Семенов В.М. Современные проблемы и перспективы агрохимии азота // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 1. С. 55-63.
3. Шарков И.Н. Теоретические и прикладные аспекты проблемы управления плодородием почв / Сохранение и развитие агрохимического наследия академика Д.Н. Прянишникова в Сибири. Материалы международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2015. С. 158-175.
4. Иодко Л.Н., Шарков И.Н., Колбин С.А. Экономическая эффективность возделывания зерновых культур при минимизации обработки чернозема выщелоченного в лесостепи Приобья // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. IX Международная научно-практическая конференция (5-6 февраля 2014 г.). Барнаул: АГАУ, 2014. Кн. 2. С. 113-115.

УДК: 631.452(571.51)

Ю.Н. ТРУБНИКОВ, д-р с.-х. наук,

А.А. ШПЕДТ, д-р с.-х. наук

Красноярский НИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМОВ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

По урожайности зерновых культур в Сибирском федеральном округе Красноярский край в течение последних одиннадцати лет занимает лидирующее положение. Средний урожай

зерновых культур достигает 20...24 ц/га, валовое производство составляет более 2,5 млн т. зерна. Такие объемы производства обеспечиваются агроресурсами и интенсификацией производства. Среди факторов интенсификации растениеводства приоритетным является применение удобрений, которым принадлежит ведущая роль в формировании и контроле уровня плодородия почв. В среднем по краю вносится около 50 кг д.в. удобрений на 1 га посевной площади. Следует подчеркнуть, что средняя, достаточно высокая доза вносимых удобрений, определяется небольшой долей хозяйств, в которых обеспеченность полей удобрениями достигает 150-180 кг/га д.в. Эти предприятия, соответственно, и являются основными поставщиками зерна в краевой фонд. Большинство сельхозтоваропроизводителей применяют незначительные дозы минеральных удобрений – 30-40 кг/га, в основном под пшеницу на отдельных полях. В пересчёте на всю пахотную площадь этих хозяйств доза сокращается до 2-3 кг/га д.в. Во многих хозяйствах удобрения не применяются совершенно.

Производительная способность почв обуславливается их плодородием, агроклиматическими ресурсами и агротехнологическим потенциалом – биологическими резервами культуры и сорта, системами севооборотов, обработки почв, удобрений и средств защиты растений.

Агроклиматические ресурсы земледельческой территории Приенисейской Сибири – тепло- и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур, продолжительность вегетационного и беззаморозкового периода, континентальность климата соответствуют в основном низкому уровню биоклиматического потенциала. Его величина значительно ниже, чем в аналогичных природных зонах европейской части России и уступает соседним территориям Западной Сибири. Различия в факторах почвообразования обуславливают своеобразие почвенного покрова и уровень производительности почв.

Согласно природно-сельскохозяйственному районированию, земледельческая зона Приенисейской Сибири относится к умеренному природно-сельскохозяйственному поясу интенсивного земледелия и животноводства, поясу культур умеренного требования к теплу. Здесь выделяются: а) южно-таёжно-лесная

зона дерново-подзолистых почв, б) лесостепная зона серых лесных почв, обыкновенных, выщелоченных и оподзоленных чернозёмов, в) степная зона обыкновенных и южных чернозёмов [1]. В таблице 1 приведены основные агроклиматические показатели трёх основных лесостепей региона – Красноярской, Ачинско-Боготольской и Канской.

Таблица 1

**Агрометеорологические показатели лесостепных зон
(по данным Боготольской, Красноярской и Солянской ГМС)**

Показатель	Лесостепи		
	Ачинско-Боготольская	Красноярская	Канская
сумма активных температур, °С	1653	1694	1818
температура июля, °С	18,2	18,4	19,4
температура января, °С	-17,8	-16,8	-19,7
осадки за год, мм	434	378	317
вероятность засушливых лет (КУ <0,55), %	12	33	52
период вегетации	25.05-9.09	23.05-11.09	20.05-11.09
беззаморозковый период	26.05-15.09	22.05-18-09	29.05-13.09
континентальность (по Н.Н. Иванову)	195	189	211

В лесостепной провинции Приенисейской Сибири климат в основном очень континентальный, с холодной и очень холодной зимой и умеренно тёплым летом. Период вегетации короткий – 95-108 дней, а беззаморозковый короче на 1-3 недели. Средние показатели, отражающие агроклиматические характеристики объекта исследований, приведены по данным Солянской метеостанции: среднегодовая температура воздуха составляет -0,3° С, сумма активных температур – 1661°С, годовое количество осадков – 398 мм, ГТК – 1,12, период вегетации – 110...120 дней.

С использованием результатов 10 госсортоучастков Красноярского края установлена высокая корреляционная связь урожайности зерновых культур с осадками в период от третьей декады мая до первой декады июля. В севооборотах с применением удобрений эффективность осадков в 2,9 раза выше [2]. На

Солянском стационаре КНИИСХ, который функционирует с 1969 года, эта закономерность подтверждается.

Основной земельный фонд сельскохозяйственного производства Красноярского края представлен чернозёмами. В структуре почвенного покрова пашни они занимают 1584,5 тыс. га (54,4%). Чернозёмы выщелоченные охватывают территорию 1053 тыс. га (33,3%), в том числе в лесостепной зоне 986 тыс. га [3]. Именно здесь сосредоточено основное сельскохозяйственное производство региона. В этой связи проблема оптимизации систем удобрений, предусматривающая обязательное изучение влияния длительного их применения на агрохимические свойства почв и продуктивность севооборотов, представляется актуальной как с экономических, так и с экологических позиций.

Исследования проводятся на Солянском стационаре, организованном на базе Красноярского НИИСХ в 1969 г. и входящем в состав географической сети опытов с удобрениями. Работы ведутся в шестипольном севообороте: пар – пшеница – ячмень – горохо-овсяная смесь – пшеница – овёс.

Опыты проводятся тремя последовательными закладками на комплексе чернозёма выщелоченного с чернозёмом обыкновенным Канской лесостепи, входящей в состав Канско-Рыбинского геоморфологического округа. Гранулометрический состав почв тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика почв опытного участка представлена в таблице 2.

Таблица 2

Агрохимическая характеристика почв стационара

Показатели	Слой почвы, см						Методы исследований
	0-20			20-40			
	1 поле	2 поле	3 поле	1 поле	2 поле	3 поле	
pH _{KCl}	6.3	6.4	6.3	-	-	-	по Каппену-Гильковицу
N _r , мг-экв	2.4	2.3	2.5	2.6	2.3	2.3	
S, мг-экв.	47.2	51.3	50.1	45.5	50.3	49.6	
V, %	95	95	95	94	95	95	
P ₂ O ₅	20.9	24.0	22.7	18.3	22.2	21.0	по Чирикову
K ₂ O	23.4	25.1	29.8	23.9	24.9	24.0	по Чирикову

В годы проведения исследований (2008 - 2015 гг.) температура воздуха была близкой к среднемноголетним показателям. По количеству осадков за вегетационный период 2012 г. относится к ряду засушливых (142 мм), 2008, 2011, 2015 гг. – ряду нормальных (247-271 мм), остальные годы – к ряду увлажнённых (279...375 мм).

Опыты проводятся на делянках площадью 300 м², повторность – четырёхкратная. Удобрения вносили в форме аммиачной селитры, двойного гранулированного суперфосфата, аммофоса и сульфата калия. Агротехника на опытном поле общепринятая для лесостепной зоны. Математическая обработка результатов работы проводилась с помощью пакета прикладных программ О.Д. Сорокина [4]. Закладка севооборота последовательная на трех полях по двум предшественникам: пар чистый и пар сидеральный.

В таблице 3 представлены результаты изменения агрохимических показателей за семь ротаций шестипольного севооборота. Установлено, что за период наблюдений содержание гумуса на вариантах без удобрений (контроль) и при ежегодном внесении NPK не изменилось.

Таблица 3

Изменение агрохимических свойств почв за семь ротаций шестипольного севооборота (0-20 см)

Показатели	Исходные 1969 г.	Фоны удобрений			НСП ₀₅
		кон- троль	NPK	навоз+ NPK*	
Гумус, %	6,98	6,94	6,72	7,26	0,3
Гумус водораств., %	-	0,021	0,024	0,025	0,005
Нитрификационная способность, мг/кг	21,6	17,6	20,3	23,2	3,0
Легкогидр. азот, мг/100 г почвы	-	4,29	3,79	4,05	0,3
P ₂ O ₅ мг/100 г поч-	20,9	23,9	25,4	31,7	4,0
K ₂ O вы	16,9	17,4	19,4	17,8	1,7
P ₂ O ₅ по Карпинско-му-Замятиной мг/кг почвы	-	0,65	0,74	1,08	0,15

* - навоз (60 т/га) применяли до 2005 г., позднее использовали зелёное удобрение (горохо-овсяная смесь).

Систематическое внесение навоза (1-5 ротации) обеспечило устойчивую тенденцию увеличения содержания гумуса. По этому поводу И.Н. Шарков [5, 6] отмечал, что мероприятия, применяемые с целью повышения урожайности культур (оптимальные дозы минеральных и органических удобрений, способы обработки почвы и т.д.), повышают содержание гумуса в пахотном слое слабо – в среднем на 0,1-0,2%.

В выводах, сделанных ещё в 50-х годах прошлого столетия американским агрохимиком У. Эндрюсом [7], говорится, что накопление гумуса в почвах за счет минеральных, органических или зеленых удобрений невозможно, если применять эти удобрения в экономически выгодных дозах.

Систематическое применение минеральных удобрений за рассматриваемый период обеспечило достоверный рост содержания подвижных фосфатов и калия в почве. Длительное применение навоза определило увеличение пятиоксида фосфора ($r = 0,80$), определенного по методам Чирикова и Карпинскому-Замятиной, а так же улучшило нитрифицирующую способность почвы ($r = 0,76$).

Установлено, что в 7-й и 8-й ротации севооборота наибольшее влияние на урожайность культур и продуктивность севооборотов оказывают азотные удобрения (табл. 4).

Таблица 4

Урожай сельскохозяйственных культур при длительном применении удобрений, ц/га з. е. (7-8 ротация)

Вариант	Пшеница		Ячмень		Горох + овёс		Пшеница		Овёс	
	1*	2	1	2	1	2	1	2	1	2
контроль	23,1	26,3	25,6	24,6	17,1	16,1	18,2	17,7	18,6	20,0
N40	25,9	27,1	38,6	40,4	23,9	21,3	25,9	24,0	27,2	26,3
N80	27,0	25,3	40,8	40,5	25,8	22,3	29,8	27,0	28,3	29,2
P20	25,9	26,0	32,8	27,7	20,7	18,9	22,9	20,6	21,9	21,8
N40P20	26,5	28,0	38,8	43,0	23,5	21,6	28,1	25,0	28,9	25,5
N40P20K20	26,7	27,3	39,0	43,6	24,6	22,7	28,4	26,5	26,7	25,4

* 1 - по чистому пару, 2 – по сидеральному пару, среднее за 3 года по каждой культуре

Внесение P_{20} в рядки также положительно сказалось на величине урожая, особенно это заметно в опытах с пшеницей после парового поля. Это объясняется тем, что первая пшеница по пару, как правило, имеет повышенную обеспеченность подвижными формами азота и, в этом случае, лимитирующим фактором часто становится фосфорное питание. Последующие культуры севооборота также положительно реагировали на внесение фосфорных удобрений, но в меньшей мере, чем на применение азотных.

Без применения удобрений урожайность культур севооборота в среднем составляет 20-24 ц/га зерновых единиц. Эта величина может служить оценкой производительной способности чернозёмов с известными параметрами почвенного плодородия.

Оценивая в целом продуктивность севооборотов по выходу зерновых единиц с 1 га севооборотной площади, можно констатировать их количественное равенство (табл. 5). В севообороте с чистым паром в среднем за ротационный период получено 22,5 ц/га з. ед., а по сидеральному пару – 22,0 ц/га з. ед. Вместе с тем можно отметить, что в годы с повышенным количеством осадков преимущество сидерального пара проявляется в посевах ячменя по пшенице.

Таблица 5

**Продуктивность севооборота и звеньев севооборота
(7-8 ротация, среднее за 3 года)**

Вариант	Продуктивность севооборота, ц/га з.ед. в год		Продуктивность звеньев севооборота по чистому пару	
	пар чистый	пар сидеральн.	пар-пшеница-ячмень	горо+овёс-пшеница-овёс
контроль	17,1	17,5	16,2	18,0
N40	23,6	23,2	21,5	25,7
N80	25,3	24,1	22,6	27,9
P20	20,7	19,2	19,6	21,8
N40P20	24,3	23,9	18,2	26,8
N40P20K20	24,2	24,3	21,9	26,6
среднее	22,5	22,0	19,5	24,5

Принципиальное значение имеет оценка продуктивности парового и пропашного звеньев севооборота. В предыдущих работах [8], где дан анализ продуктивности различных звеньев за пять ротаций севооборота (в качестве пропашной культуры высевалась кукуруза по ячменю), доказано, что в паровом звене средняя урожайность пшеницы без применения удобрений на 2,5 ц/га зерновых единиц (з.е.) выше, чем в пропашном звене. Однако по удобренному фону продуктивность зерновых культур в пропашном звене превышает паровое звено на 2,9 ц/га з.е.

После замены в составе севооборота кукурузы на горохо-овсяную смесь, оценивались зерно-паровое (пар-пшеница-ячмень) и зерно-кормовое (горохо-овсяная смесь-пшеница-овёс) звенья севооборота. Установлено, что продуктивность зерно-кормового звена на 5,0 ц/га з.ед. выше по сравнению с зерно-паровым.

Полученный материал позволяет заключить, что длительное применение азотных и фосфорных, а также зеленых удобрений оказывает позитивное влияние на эффективное и потенциальное плодородие чернозёмов Канской лесостепи и увеличивает продуктивность севооборота на 40-50%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 247 с.
2. Рудой Н.Г. Влияние осадков и уровня окультуренности почв на урожай зерновых культур в Красноярском крае // Тр. КСХИ. Т.14. Красноярск, 1962. С. 170-182.
3. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края. Красноярск: КрасГУ, 2002. 332 с.
4. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.
5. Шарков И.Н. Удобрения и проблема гумуса в почве // Почвоведение. 1987. №11. С. 70-81.
6. Шарков И.Н. Совершенствование концепции воспроизводства органического вещества в почвах зерновых агроценозов Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. 2003. № 2. С. 72-77.
7. Эндрюс У.Б. Применение органических и минеральных удобрений / пер. с англ. М.: Иностран. лит., 1959. 399 с.
8. Рудой Н.Г., Трубников Ю.Н. Продуктивность зернопаропропашного севооборота на чернозёмах в Приенисейской Сибири // Вестник КрасГАУ. 2016. Вып. 2. С. 134-138.

В.М. КРАСНИЦКИЙ, д-р с.-х. наук, профессор
А.Г. ШМИДТ, канд. с.-х. наук
ФГБУ «ЦАС «Омский», Омск

СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Современным мировым сообществом очень много вопросов посвящено обеспечению населения продовольствием. В Российской Федерации согласно долгосрочному прогнозу социально-экономического развития до 2030 г. предстоит значительно увеличить объем производства зерна [1]. При этом по самому оптимистичному сценарию урожайность зерновых в среднем по РФ должна составить 27-30 ц/га, а валовой сбор зерна – 145-150 млн. тонн. Это возможно только при хорошо развитом сельскохозяйственном производстве в субъектах страны.

Сельскохозяйственное производство Омской области является одним из наиболее развитых в стране. По объемам производства продукции сельского хозяйства область входит в 15 крупнейших регионов России.

Площадь сельскохозяйственных угодий области – 6177,3 тыс. га, в т.ч. пашни – 4020,2 тыс. га. По площади пахотных земель Омская область занимает 7-е место. Вопросы эффективности земледелия и сельскохозяйственного производства области неразрывно связаны с сохранением и воспроизводством плодородия земель, так как в силу почвообразовательных процессов и климатических условий они не отличаются высоким плодородием. Плодородие почвы не абстрактное, а строго материальное, объективное, измеряемое производственное свойство почвы, обладающее конкретной количественной и качественной характеристикой.

Расположенная в южной части Западно-Сибирской низменности по среднему течению Иртыша, Омская область характеризуется равнинностью территории. Протяженность с севера на

юг составляет почти 600 км, с запада на восток – более 300 км, общая площадь 14118,5 тыс. га, или 141,2 тыс. км². На юге она граничит с Республикой Казахстан, на востоке – с Новосибирской, северо-востоке – с Томской, севере и западе – с Тюменской областями.

В Омской области выделено 4 природно-экономические зоны: северная тайга и подтайга занимает 36,6% от территории (51,7 тыс. км²), северная лесостепная – 31%, южная лесостепная – 13,4% и степная – 19%. По увлажнению северные районы относятся к зоне с достаточным увлажнением, степные районы – засушливой зоне [6].

Почвообразующими породами на всей территории области являются преимущественно четвертичные образования разного возраста, происхождения и литологического состава: покровные лессовидные желто-бурые карбонатные суглинки, супеси, пески, глины, тяжелые суглинки.

Почвенный покров области отличается большим разнообразием типов и видов почв, имеющих свои особенности по качеству и уровню естественного плодородия. В распределении почвенного покрова на территории области ясно выражена широтная зональность, сменяющаяся с севера на юг. В северной зоне преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы. В таежной подзоне дерново-подзолистые почвы занимают более 60% пашни. Дерново-подзолистые почвы тяжелого механического состава бывают как правило бесструктурные, поэтому сильно уплотняются и образуют на поверхности корку. Более благоприятные физические свойства у супесчаных разновидностей, но в то же время они имеют более кислую реакцию почвенного раствора [2].

Пашня подтаежной зоны размещена преимущественно на серых и светло-серых лесных почвах (более 70%). В северной лесостепи наиболее распространены комплексы луговых почв с солончаками и солонцами. В южной лесостепи почвенный покров пахотных земель представлен в основном черноземами обыкновенными и выщелоченными, лугово-черноземными почвами, встречаются контуры солонцов и других интразональных типов почв. Степная зона, занимающая юг области, представлена сочетанием черноземов южных, обыкновенных, лугово-

черноземных почв, преимущественно маломощных малогумусовых, и комплексами солонцовых почв.

В целом по области в структуре пахотных земель почвы черноземного типа занимают 57% (в т. ч. чернозем обыкновенный – 74%, южный – 16% и выщелоченный – 10%). В значительном количестве встречаются солонцы и лугово-черноземные почвы (по 12%). Дерново-подзолистые почвы занимают 6% пашни, серые лесные и черноземно-луговые – по 5%. Прочие типы почв (солонды, солончаки, аллювиальные) занимают 3% площади пахотных земель.

Черноземные почвы занимают большую часть территории и представлены, главным образом, черноземами обыкновенными, которые формируются под воздействием черноземного процесса. Накопление в верхних горизонтах гумуса, зольных элементов и азота и образование комковато-зернистой структуры под действием травянистой растительности приводит к образованию черноземов и созданию водопрочной структуры в верхнем горизонте почвы [3]. В то же время, следует отметить, что характерной особенностью практически всех типов почв Омской области по тем или иным показателям является низкий уровень их естественного плодородия.

При этом получение стабильной и высокой урожайности сельскохозяйственных культур с одновременным сохранением высокого качества продукции и ее безопасности возможно при обеспечении комплексного учета всех агротехнических и агроэкологических факторов, влияние на нормальный рост и развитие растений, предотвращении деградации земель сельскохозяйственного назначения. Одной из основных задач в сельскохозяйственном производстве является повышение эффективности применения удобрений, что в производственных условиях возможно только при соблюдении агротехнических требований к дозам, срокам и способам их внесения с учетом результатов мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения [4].

По данным государственного мониторинга, осуществляемого ФГБУ «ЦАС «Омский» и ФГБУ «САС «Тарская» низкое (<5%) содержание гумуса, одного из важнейших оценочных показателей плодородия почв, отмечено на площади 2736 тыс. га (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика изменения агрохимических показателей
плодородия почв пахотных земель области за 1965-2017 гг.**

Показатели	Единица измерения	Циклы обследования					
		I 1965- 1972	II 1972- 1982	III 1982- 1990	IV 1990- 2000	V 2000- 2012	VI 2012- 2017
кислотность							
средневзвешенная величина рН		5,70	5,69	5,68	5,67	5,64	5,64
всего кислых почв рН (4,1-5,5)	тыс. га	590	626	626	671	638	632
	%	14	15	15	16	16	16
в т. ч. сильно- и среднекислых	тыс. га	192	203	203	227	197	196
	%	4	5	5	6	5	5
близкая к нейтральным и нейтральные	тыс. га	3710	3728	3674	3638	3579	3598
	%	86	87	85	84	83	83
содержание фосфора							
средневзвешенное содержание	мг/кг	83	88	110	102	95	95
с пониженным содержанием Р ₂ О ₅ до 100 мг/кг почвы	тыс. га	2718	2377	1654	2266	2436	2495
	%	63	55	38	54	56	57
с высоким и очень высоким содержанием Р ₂ О ₅	тыс. га	98	219	378	390	380	359
	%	2	5	9	9	9	8
Содержание калия							
средневзвешенное содержание	мг/кг	175	173	173	173	168	166
с пониженным содержанием К ₂ О до 120 мг/кг почвы	тыс. га	587	642	690	830	850	832
	%	14	15	16	18	18	18
с высоким и очень высоким содержанием К ₂ О	тыс. га	3713	3658	3626	3458	3379	3392
	%	86	85	84	81	80	80
Гумусовое состояние почв							
средневзвешенное содержание	%	нет данных		5,34	5,10	5,00	4,98
с пониженным содержанием гумуса <5 %	тыс. га			2399	2701	2748	2736
	%			56	63	68	68
с высоким содержанием гумуса >5 %	тыс. га			1901	1591	1275	1290,6
	%	44	37	31	31		

Пониженное содержание фосфора (до 100 мг/кг почвы) выявлено на площади 2495 тыс. га, калия – на 832 тыс. га. Почв с повышенной кислотностью – 632 тыс. га, из них сильно- и среднекислых – 196 тыс. га. Вся история земледелия Омской области связана с целенаправленной работой по сохранению и повышению плодородия почв [5]. В результате разработки и внедрения в производство влагосберегающих почвозащитных систем земледелия стало возможным в большой мере приостановить деградацию почв и снижение плодородия земель от ветровой эрозии.

Проведение научных исследований во всех почвенно-климатических зонах на основных типах почв позволило установить влияние органических и минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и повышение плодородия земель. В связи с этим ежегодно росли объемы внесения навоза и минеральных удобрений. Если в 1966-1970 гг. вносились органических удобрений 1,2 т/га, а минеральных 2,0 кг/га (табл. 2), то в 1986-1990 гг. объемы их внесения возросли до 2 т/га и 40 кг/га, соответственно.

Таблица 2

**Объемы выполнения агрохимических работ
в Омской области за 1966-2017 гг.**

Внесено	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2017
минеральных удобрений, кг д.в./га	2,0	7,2	14	26	40	7,0	0,4	0,8	1,6	2,6
органических удобрений, т/га	1,2	1,7	2,4	3,8	4,6	1,0	0,4	0,8	0,8	1,2
известковых материалов, кг/га	60	102	227	541	749	117	-	-	-	-
химическая мелиорация, тыс. га	21,4	45,5	52,9	45,8	212,3	76,1	-	-	-	-
известкование, тыс. га	16,2	16,8	19	18,2	69,3	25,4	-	-	-	-
гипсование, тыс. га	5,2	28,7	33,9	27,6	143	50,7	-	-	-	-

Большое внимание уделялось химической мелиорации – известкованию кислых почв, гипсованию почв солонцового комплекса.

Системная работа по повышению плодородия почв позволила резко снизить потери верхнего, наиболее плодородного слоя пахотных земель, уменьшить потери элементов питания в результате ветровой эрозии.

Достигнут положительный баланс по фосфору, который является одним из основных элементов питания, ограничивающих урожай сельскохозяйственных культур. Площадь почв с пониженным содержанием его уменьшилась на 1064 тыс. га с 2718 тыс. га в 1970 г. до 1654 тыс. га к 1990 г.

Принятие необходимых мер по сохранению и повышению плодородия почв сказалось и на эффективности земледелия области. Урожай зерновых в зависимости от условий увлажнения увеличился на 50-70%. Результаты работы по повышению эффективного плодородия земель позволили успешно решать финансово-хозяйственные проблемы, обеспечивать расширенное производство сельского хозяйства области. Несмотря на неуклонный рост объемов применения минеральных и органических удобрений до 1990 г. и объемов химической мелиорации оптимальный, научно-обоснованный уровень названных работ достигнут не был.

В последующие годы в силу известных причин началось снижение объемов проведения агрохимических работ. Работы по известкованию прекратились с 1994 г., а гипсованию – с 1996 года. Значительно сократились объемы применения минеральных и органических удобрений.

Все вышеуказанные факторы заставляют специалистов сельскохозяйственной отрасли Омской области искать пути, направленные на сохранение плодородия почв при снижении затрат, одними из которых являются использование соломы в качестве органического удобрения, локальное внесение минеральных удобрений и проведение различных подкормок.

За годы деятельности агрохимической службы (1964-2017 гг.) специалистами ФГБУ «ЦАС «Омский» и ФГБУ «САС «Тарская» проведено около 1700 полевых краткосрочных, производственных и демонстрационных опытов.

Проведение научных исследований во всех почвенно-климатических зонах на основных типах почв Омской области позволило установить высокую эффективность действия минеральных и органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от способов их внесения (табл. 3).

Таблица 3

Рекомендуемые способы и дозы внесения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры

Почва	Культура	Основное внесение удобрений			Рядковое внесение удобрений		
		доза, кг/га д.в.	урожайность ц/га	прибавка ц/га	доза, кг/га д.в.	урожайность ц/га	прибавка ц/га
чернозем южный	пшеница по пару	P ₆₀	17,2	3,8	P ₃₀	16,9	2,1
	пшеница по пшенице	N ₃₀ P ₄₀	13,4	2,4	P ₃₀	13,2	1,7
	силосные	N ₆₀	182	27	-	-	-
чернозем обыкновенный	пшеница по пару	P ₆₀	17,5	3,7	P ₃₀	16,8	3,4
	пшеница по пшенице	N ₃₀ P ₄₀	13,6	3,0	P ₃₀	13,2	2,4
чернозем выщелоченный	пшеница по пару	P ₆₀	21,0	4,3	-	-	-
	пшеница по пшенице	N ₁₄ P ₆₀	14,7	4,5	-	-	-
	ячмень	N ₆₀ P ₆₀	16,2	4,8	-	-	-
чернозем солонцеватый	пшеница по пару	P ₆₀	12,0	3,4	-	-	-
	пшеница по пшенице	N ₆₀ P ₆₀	18,4	5,1	-	-	-
солонец глубокий	пшеница по пару	P ₆₂	19,2	2,9	P ₃₅	19,0	3,1
	пшеница по пшенице	N ₆₀ P ₆₀	17,0	3,6	N ₃₀ P ₃₀	15,0	3,5
лугово-черноземные	пшеница по пару	P ₆₀	19,1	4,3	P ₃₀	20,2	3,9
	пшеница по пшенице	N ₃₀ P ₃₀	14,1	2,9	P ₃₀	13,2	1,5
	мн. травы	N ₆₀ P ₆₀	13,7	3,4	-	-	-

К сожалению, несмотря на результаты исследований и рекомендации ученых и агрохимиков, в последние годы у нас в Омской области, да и в других регионах [7] отмечается несбалансированность в применении минеральных удобрений по видам.

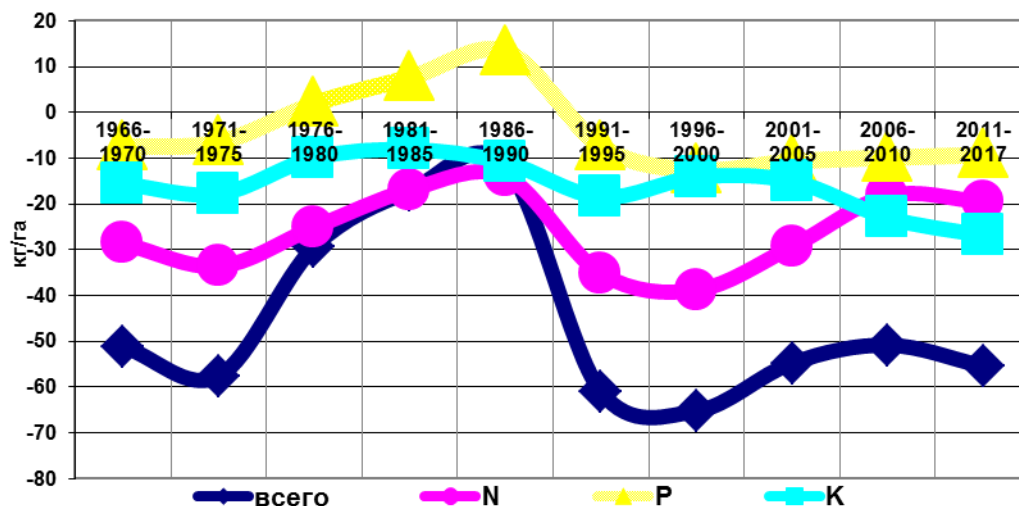


Рис. 1. Баланс элементов питания в Омской области за 1966-2017 гг.

Соотношение питательных элементов в регионе на сегодняшний день составляет 1:0,49:0,03. Связано это, прежде всего, с относительной дешевизной физической тонны азотсодержащих удобрений по отношению к фосфорным и калийным, преобладанием зерновых культур в структуре посевных площадей, которые отличаются высоким выносом азота, недостатком органического вещества в почвах и т.д. В то же время, анализ производственных данных свидетельствует о том, что в современных условиях высокие урожаи сельскохозяйственных культур получают в хозяйствах, применяющих минеральные удобрения в дозах и способах, близких к рекомендуемым, а также обеспечивающих посев сельскохозяйственных культур по лучшим предшественникам в системе севооборотов с высоким уровнем агротехники. При этом в силу достаточно высокой стоимости минеральных удобрений наибольший эффект получается, когда удобрения применяются в виде стартовых доз при локальном (рядковом) внесении. В этом случае стоимость гек-

тарной нормы удобрений (аммофоса) составит около 1,5-2,0 тыс. руб.

Эффективность использования минеральных удобрений в производстве подтверждается и данными по урожайности сельскохозяйственных культур предприятиями ООО «Соляное», КФХ «Тритикум» Черлакского района, ЗАО «Иртышское» Омского, АСП «Краснодарское», ЗАО «Нива» Павлоградского, СПК «Лесной» Исилькульского, СПК «Большевик» Полтавского района и ряда других лидеров сельскохозяйственного производства Омской области.

Сбалансированное использование минеральных и органических удобрений в хозяйствах Омской области позволяет получать на отдельных полях урожайность зерновых культур на уровне 59-61 ц/га, что на протяжении последних 10 лет позволяет Омской области получать в среднем 3,3 млн. т зерна и удерживать лидирующие позиции в Сибирском федеральном округе.

Выводы. Таким образом, в условиях интенсивно развивающегося сельскохозяйственного производства одним из путей сохранения почвенного плодородия почв Омской области при стабильности валовых сборов зерновых культур на уровне 3-3,5 млн. тонн является комплексный подход в применении минеральных и органических удобрений, в том числе удобрений из птичьего помета. Использование органических удобрений при указанной технологии позволяет замкнуть круговорот веществ по схеме поле-потребитель-поле, т. е. вынесенные с урожаем элементы минерального питания возвращаются в почву в виде органических удобрений, способствуя сохранению плодородия почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 году // Плодородие. №2-2016. С. 5-7.
2. Проблемы почвенного плодородия Омской области // ФГБУ «ЦАС» Омский». Омск, 2012. 288 с.
3. Мищенко Л.Н., Прудникова В.М. Почвы Омской области и их сельскохозяйственное использование. Омск, 1986. 150 с.
4. Красницкий В.М., Орлова Л.Н., Пунда Н.А. Рекомендации по использованию птичьего помета в Омской области. Омск, 1989. 38 с.

5. Красницкий В.М., Шмидт А.Г. Динамика плодородия пахотных почв Омской области и эффективность использования средств его повышения в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. №7. С. 34-37.
6. Красницкий В.М., Шмидт А.Г. Агрохимическая характеристика пахотных почв Омской области // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения К.П. Горшенина и 100-летию со дня рождения Н.Д. Градобоева, 24-25 сентября 2013 г. Омск, 2013. С. 78-82.
7. Абрамов А.И., Крымова Е.А. Состояние плодородия пахотных почв в Нижегородской области// <https://agrohim-nn.ru/articles/47-sostoyanei-plodorodiya-pakhotnykh-zemel-v-nizhegorodskoj-oblasti.html>

УДК 631.452(571.54)

Ю.Н. РУЗАВИН, канд. с-х. наук
Бурятская ГСХА, Улан-Удэ
Г.А. САВЧЕНКО, директор,
И.Б. ЧИМИТДОРЖИЕВА, канд. биол. наук,
ФГБУ ГСАС «Бурятская», Улан-Удэ

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ БУРЯТИИ

Республика Бурятия занимает территорию площадью 35,1 млн. га. Площадь земель сельскохозяйственного назначения по республике составляет 2756,2 тыс. га, из них сельскохозяйственных угодий 2141,7 тыс. га, в т.ч. пашни – 698,7 тыс. га, сенокосов – 278,9 и пастбищ – 1113,1 тыс. га, залежей – 44,9 тыс. га и многолетних насаждений – 6,1 тыс. га. Основными типами почв на пахотных землях Бурятии являются каштановые почвы – 43% [1, 5].

Наши исследования показали, что каштановые мучнисто-карбонатные почвы формируются в условиях резко континентального климата с наименьшим количеством осадков (200-250 мм в год) и наибольшей суммой температур во время вегетационного периода (2000-2250° С). По современным представлениям, эти почвы Бурятии разделены на два подтипа: собственно каштановые мучнисто-карбонатные и темно-каштановые мучнисто-карбонатные. Почвообразующие породы

очень щебнистые, преимущественно легкого гранулометрического состава. Содержание илистой фракции не превышает 18%, заметного изменения количества ила по профилю не наблюдается. Среди крупных фракций преобладает песок и крупная пыль. Для каштановых почв характерна невысокая емкость поглощения, величина которой даже в верхней части гумусовых горизонтов не превышает 14,2-15,7 мг-экв. на 100 г почвы. В составе поглощенных оснований преобладают Са и Mg, причем основная роль в поглощающем комплексе принадлежит кальцию. Характерной особенностью почв является наличие хорошо выраженного горизонта аккумуляции карбонатов кальция (1,40-3,22%). В верхних горизонтах почвы имеют нейтральную реакцию, а в нижних – щелочную.

Как целинные, так и пахотные каштановые почвы малогумусные (1,4-2,5%). Запасы его в слое почвы 0-30 см составляют 55-66 т/га. В составе гумуса гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами. Половина и более всего количества гумуса представлена негидролизуемым остатком (48,8-59,2%).

Содержание легкогидролизуемого азота увеличивается в результате длительного сельскохозяйственного использования пашни при заметном уменьшении трудногидролизуемых соединений. В почвах пашни количество нитратов невысокое в мае-июне. Значительная их доля в паровом поле (максимум их 20-48 мг на кг почвы) отмечается в июле (в период интенсивного выпадения дождей). Содержание аммонийного азота более высокое, особенно заметно весной из-за подавленности процессов нитрификации.

Каштановые почвы характеризуются довольно высоким валовым содержанием фосфора, наибольшее количество которого отмечается в гумусовом горизонте (170-172 мг/ 100 г почвы). Минеральные фосфаты в верхних горизонтах составляют 43,5-64,4% валового фосфора. В нижней части профиля их количество увеличивается до 73,2-77,8%. Значительную долю среди минеральных фосфатов составляют разно основные фосфаты Са и Mg (II группа). Для них характерно увеличение в средней части профиля почвы. Фосфаты полуторных окислов (III-IV группы) содержатся в незначительном количестве. Основная часть минеральных фосфатов представлена фосфатами

типа апатита и фосфорита (V группа). Их содержание колеблется от 59,2 до 94,0 в целинных и от 50,0 до 90,0 мг на 100 г почвы в пахотных почвах, что составляет 68-75 и 67-73% всех минеральных фосфатов соответственно. Каштановые почвы содержат значительное количество подвижных фосфатов (по Чирикову), в гумусовом горизонте целинной почвы они составляют 31,2-34,4, а в пахотных почвах – 26,0-27,0 мг/100 г.

Валовое количество калия одинаково и варьирует от 2,6 до 3,8% как в целинных, так и в пахотных каштановых почвах. Минимум его зафиксирован в илистой фракции, по мере увеличения размера частиц возрастает и его содержание, достигая максимума в песчаной фракции, которая включает значительное количество полевых шпатов и слюд. Для изучаемой почвы характерен высокий уровень содержания необменного калия, особенно в пахотном слое. В распределении его по фракциям почв наблюдается обратная зависимость по сравнению с содержанием валового калия, – количество его уменьшается по мере увеличения размера частиц. В песчаной фракции количество необменного калия существенно выше, особенно в верхних горизонтах почвы (178-210 мг/100 г почвы). По обеспеченности обменным калием целинные и пахотные почвы относятся к группе низко обеспеченных, и его содержание может изменяться от 15 до 18 мг/100 г почвы. Соответственно, запасы обменного калия в слое 0-30 см пахотной почвы достигают 685 кг/га (0,53% от валового). Количество водорастворимого калия незначительно и составляет от 0,5-0,8 в верхних до 0,3-0,4 мг/100 г почвы в верхних горизонтах или до 29 кг/га (0,02% от валового). Малое содержание этой формы связано с его высокой подвижностью и легкой усвояемостью растениями и быстрым переходом в обменное состояние. Каштановая почва способна фиксировать до 44% калия из внесенных удобрений [2].

В сельскохозяйственном отношении наиболее освоены центральные и южные районы республики, менее освоены северные районы. Основной специализацией сельского хозяйства в земледельческих районах Бурятии является животноводство, в пригородных районах – овощеводство и молочное животноводство. Дальнейшее развитие животноводческой отрасли во многом зависит от производства продукции растениеводства – зерна, зернофуража, грубых и сочных кормов. В связи с этим все

более возрастает проблема увеличения производства продукции растениеводства и эффективного использования почвенно-климатического потенциала различных зон республики.

В структуре сельскохозяйственных угодий Республики Бурятия произошли заметные негативные изменения, особенно в аграрной отрасли. В настоящее время макроэкономические преобразования привели к значительному уменьшению земель под всеми видами угодий (табл. 1). Пашня сократилась почти в 1,5 раза, сенокосные угодья – в 1,6 и пастбищные – в 1,7 раза.

В 2016 г. завершился 8-й тур обследования пахотных почв в республике, который выявил, что почвенный покров сельскохозяйственных угодий региона достаточно разнообразен по генезису, агрохимическим свойствам и плодородию.

Таблица 1

Структура основных сельскохозяйственных угодий

Угодья	1983		1993		1999		2015	
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
пашня	1021,8	30,0	943,0	30,7	858,4	27,9	698,7	33,5
сенокос	444,8	13,1	343,4	11,2	486,3	15,8	278,9	13,3
пастбище	1933,3	56,9	1784,0	58,1	1732,9	56,3	1113,1	53,2
итого	3399,9	100,0	3070,4	100,0	3077,6	100,0	2090,7	100,0

Пахотные земли в основном расположены на каштановых, частично на серых лесных, черноземных почвах.

Исследования динамики органического вещества почв пашни Бурятии по циклам агрохимического обследования показали, что произошло значительное изменение содержание гумуса (табл. 2).

Если в начале цикла агрохимического обследования показатель очень низкого и низкого содержания составил 651,4 тыс. га, то в 2016 г. он снизился до 440,7 тыс. га соответственно. А показатель повышенного и высокого его содержания в 1987 г. составлял 61,5 тыс. га, а в 2016 г. он снизился до 21,4 тыс. га.

Таблица 2

**Динамика органического вещества (гумуса) пашни
по циклам агрохимического обследования**

№	Группы по содержанию гумуса	Содержание гумуса	Единица измерения	Распределение площадей по циклам обследования по годам					
				3	4	5	6	7	8
				1987	1993	1998	2003	2008	2016
1	очень низкое	0-2,0	тыс. га	<u>308,4</u>	<u>376,8</u>	<u>346,7</u>	<u>280,7</u>	<u>178,0</u>	<u>228,5</u>
			%	31,2	40,7	43,1	43,0	38,8	42,9
2	низкое	2,1-4,0	тыс. га	<u>343</u>	<u>371,6</u>	<u>280,9</u>	<u>248,2</u>	<u>208,5</u>	<u>212,2</u>
			%	34,8	40,1	34,9	38,0	45,4	39,9
3	среднее	4,1-6,0	тыс. га	<u>86,3</u>	<u>101,6</u>	<u>90,8</u>	<u>64,9</u>	<u>5,6</u>	<u>69,9</u>
			%	8,7	11,0	11,3	9,9	12,2	13,1
4	повышенное	6,1-8,0	тыс. га	<u>39,7</u>	<u>37,7</u>	<u>41,7</u>	<u>30,9</u>	<u>15,5</u>	<u>17,1</u>
			%	3,9	4,0	5,1	4,7	3,4	3,2
5	высокое	8,1-10,0	тыс. га	<u>21,8</u>	<u>20,4</u>	<u>25,9</u>	<u>13,7</u>	<u>0,9</u>	<u>4,3</u>
			%	2,2	2,2	3,2	2,1	0,2	0,8
6	очень высокое	более 10	тыс. га	<u>18,7</u>	<u>18,7</u>	<u>17,0</u>	<u>13,6</u>	<u>0,04</u>	-
			%	1,9	2,0	2,1	2,1	0,01	-
7	средне-взвешенное содержание		мг/кг	2,4	2,8	2,9	2,7	2,0	2,5

Статистика применения минеральных удобрений показывает, что если в 1971-1975 гг. внесение минеральных удобрений в Республике Бурятия составляло 119, 2 тыс. т д.в., то в 2011-2015 гг. это применение составляло всего 6,8 тыс. т д.в., т.е. снизилось более чем в 17 раз. Снизилось и внесение органических удобрений в 2011-2015 гг. по сравнению с 1971-1975 гг. в два раза и составило 1537 тыс. т (табл. 3). Это привело к тому, что в настоящее время баланс по азоту является отрицательным и составляет 49,8%, в то же время отрицательный баланс по фосфору и калию имеет незначительное значение (4,5, и 6,4% соответственно) (табл. 3).

В зоне расположения основных пахотных почв характерна ветровая и водная эрозия. Наиболее сильно подвержены ветровой эрозии почвы чистых паров. Ежегодные потери составляют на бессменном пару 59,1 т/га, на пару в севообороте – 41,5 т/га.

**Динамика баланса питательных веществ
в почве по показателям**

Годы	Баланс, кг/га			
	азот	фосфор	калий	всего
1971-1975	-2,3	-0,2	-7,8	-10,3
1976-1980	-6,7	+0,7	-4,4	-10,4
1981-1985	-9,4	-0,7	-9,8	-19,9
1986-1990	-3,7	-14,5	-15,7	-33,3
1991-1995	-16,4	-9,2	-23,7	-49,3
1996-2000	-33,7	-10,5	-23,1	-67,3
2001-2005	-30,3	-6,2	-16,9	-53,4
2006-2010	-38,6	-4,5	-8,7	-51,8
2011-2014	-42,7	-5,2	-7,8	-55,7
2015	-49,9	-4,5	-6,4	-60,8

Негативное влияние на плодородие почв оказали регламентированная распашка земель в 50-е годы прошлого столетия, игнорирование почвозащитных технологий обработки почвы при достаточно интенсивном использовании пашни, а в настоящий период проявился новый отрицательный фактор – преобладание интересов конъюнктуры рынка над стратегией сохранения почвенного плодородия.

Многолетние исследования показали, что на каштановых почвах Западного Забайкалья для получения устойчивой урожайности сельскохозяйственных культур высокого качества, сохранения и поддержания плодородия почв необходимо применять систему четырех-, пятипольных зернопаровых севооборотов с чистым занятым донником, сидеральным донниковым паром на фоне органико-минеральной системы удобрений.

Севообороты с чистыми парами возможны для хозяйств, имеющих возможность накопления традиционного вида органических удобрений – навоза. Внесение его в норме 10-12 т/га севооборотной площади позволит более равномерно снабжать в течение вегетации культуры севооборота питательными веществами и будет способствовать увеличению продуктивности и воспроизводству плодородия почв. Для экологической устойчивости агроландшафтов сильно дефлированные и дефлируемые

почвы, когда их дальнейшая эксплуатация убыточна и ведет к прогрессивному снижению гумусированности, необходимо выводить в залежь для восстановления утраченного плодородия и использовать как пастбище.

В связи с высокой стоимостью промышленных минеральных удобрений (в среднем цена за 1 тонну составляет от 20 до 23 тыс. руб.) необходимо в Республике Бурятия обратить особое внимание на применение местных удобрений. Это, прежде всего, касается использования торфа, запасы которого в нашем регионе, пригодного для разработки, составляют 50 млн. тонн [4]. Эффективное применение торфа в качестве удобрения возможны только при использовании его в компостах или в составе торфоминеральных удобрений. Изучение торфа необходимо в приготовлении грунта, который может широко использоваться при выращивании рассады овощных культур. Ресурсы органических удобрений могут быть пополнены путем организации использования осадков сточных вод, золы теплоцентралей и Гусиноозерской ГРЭС [3, 4, 5].

Еще одним, пока из слабо используемых резервов увеличения производства органических удобрений являются сапропели. Они ценны как источник основных элементов питания растений. В составе сапропелей имеются биологически активные вещества – гуминовые кислоты, витамины. Действие их эффективно при использовании их как в чистом виде, так и при приготовлении сапропелево-навозных и сапропелево-пометных компостов. Всего в Республике Бурятия изучено 27 месторождений сапропеля площадью 1171 га с суммарными запасами 11 млн. 116 тыс. тонн. Все месторождения сапропеля Бурятии изучены и пригодны в качестве удобрений [1, 3, 4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы применения удобрений в земледелии Бурятии (под редакцией профессора Н.Е. Абашеевой). Улан-Удэ: БГСХА, 2003. 247 с.
2. Плодородие каштановых почв Бурятии и получение на них устойчивого урожая сельскохозяйственных культур / Ю.Н. Рузавин, Н.А. Пьянкова, А.П. Батудаев [и др.] // Наука, образование, новые технологии: Материалы научно-практической конференции (3-5 февраля 2004 г.). Улан-Удэ: БГСХА, 2004. С. 40-41.

3. Удобрения из минерального и органического сырья и их агрохимическая эффективность / Л.Л. Убугунов, М.Г. Меркушева, Н.Е. Абашеева [и др.]. Улан-Удэ, 2013. 353 с.
4. Агрономическое сырье Бурятии / В.А. Лбов, Л.Л. Убунунов, А.В. Лбов [и др.]. Улан-Удэ: БГСХА, 2007. 268 с.
5. Система земледелия Республики Бурятия: научно-практические рекомендации / под науч. ред. профессора А.П. Батудаева. Улан-Удэ: БГСХА, 2018. 349 с.

УДК 631.417

П.С. ШИРОКИХ, канд. биол. наук
Г.П. ГАМЗИКОВ, д-р биол. наук
Новосибирский ГАУ, Новосибирск

ГУМУС И АЗОТ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЗАПАДНОСИБИРСКИХ АГРОЦЕНОЗОВ

Провинциальные особенности биоклиматических условий Западно-Сибирской низменности оказали большое влияние на формирование почвенного покрова. Исследования сибирских почв свидетельствуют об их генетическом своеобразии и специфических физико-химических и агрохимических свойствах [1-3]. Многие вопросы агрохимической оценки пахотных почв, связанные с продуктивностью полевых культур, ещё недостаточно исследованы, в связи с чем и возникает необходимость проведения экспериментальных работ по агрохимической оценке свойств основных компонентов потенциального и эффективного плодородия.

В задачи нашей экспериментальной работы входило определение содержания и состава гумусовых веществ и распределения азота в гумусе серых лесных почв подтайги и северной лесостепи в пределах Ишимо-Иртышской равнины Западной Сибири, Цель исследований – определить содержание гумуса и азота в исследуемых почвах, качественный состав гумусовых

кислот и особенности распределения азота в группах и фракциях гумусовых веществ, а, также в препаратах гумусовых кислот.

Методы исследований. В качестве объекта исследований служили серые лесные почвы. В Западно-Сибирской низменности эти почвы, включая светло- и тёмно-серые, распространены главным образом в северной лесостепи. Их доля в пахотном фонде региона составляет 13,6% или более 3 млн. га [4]. Подзона северной лесостепи находится южнее подтайги и подразделяется на две почвенные провинции: Западно-Сибирскую и Предалтайскую. Климат обеих провинций практически одинаковый, относится к умеренно-континентальному с годовыми осадками более 350 мм. Коэффициент увлажнения и теплообеспеченности – 0,7-0,9, ГТК – около 1. Экспедиционное обследование почвенного покрова проводили на территории Ишимо-Иртышской равнины. Почвенные разрезы закладывали на типичных участках агроландшафта. Оценку состава гумусовых веществ проводили в образцах, отобранных по генетическим горизонтам по профилю почвенных разрезов.

Аналитические определения проводили общепринятыми методами [5]. Фракционирование гумуса осуществляли по схеме Тюрина в модификации Пономарёвой и Плотниковой. При препаративном выделении гумусовые кислоты извлекали 0,1н раствором NaOH, их очистку осуществляли через бактериальный фильтр, центрифугирование и катионит. Азот в почве, в группах и фракциях гумусовых веществ определяли по Кьельдалю с отгонкой на микроустановке. Изменчивость качественного состава гумусовых веществ оценивали на основе вариационно-статистического анализа [6].

Результаты исследований. Содержание гумуса и его качественный состав в почвах в значительной мере определяются биоклиматическими условиями их формирования. В западной части северной лесостепи, куда входят Тобольско-Тавдинская и Ишимо-Иртышская равнины, а также Барабинская низменность, содержание гумуса и азота ниже, чем в аналогичных почвах Предалтайской почвенной провинции.

В исследуемых нами почвах пределы колебаний гумуса и азота представлены в таблице 1. Общее содержание гумуса в серых лесных почвах возрастает по подтипам: от светло-серых

(2,2-3,3%) к серым (3,0-5,4%) и далее к тёмно-серым (5,5-8,0% и выше).

Таблица 1

**Содержание гумуса и общего азота
в серых лесных почвах, $A_{\text{пах}}$, %**

Показатель	Интервалы содержания	Среднее	Коэффициент варьирования, %
гумус, %	2,4 – 7,7	4,7 ± 0,5	41
азот, %	0,13 - 0,49	0,30 ± 0,03	39
C:N	9,0 – 10,7	9,0 ± 0,08	40

Аналогичные особенности распределения по подтипам характерны и для общего азота (от 0,13 до 0,49%). Серым лесным почвам западносибирских агроценозов, в отличие от восточно-европейских аналогов, свойственны более высокие запасы гумуса и общего азота в почвенном профиле [3].

Уровень плодородия почв, как правило, определяется качественными параметрами гумусовых веществ. Определение группового состава серых лесных почв, в отличие от дерново-подзолистых, подтверждает их гуматную направленность гумусообразования (табл. 2).

Таблица 2

**Распределение углерода и азота в группах гумуса
серых лесных почв (в % от общего содержания)**

Показатель	Гуминовые кислоты	Фульво-кислоты	Нерастворимый остаток	$C_{\text{ГК}} : C_{\text{ФК}}$ $N_{\text{ГК}} : N_{\text{ФК}}$
углерод, %				
Lim	27,4 – 53,9	12,5 – 34,8	22,1 – 34,6	0,8 – 3,2
M±m	39,6±1,0	24,2±1,2	28,0±1,2	1,8±0,1
v, %	21	21	17	34
азот, %				
Lim	42,7 – 50,7	18,2 – 26,2	22,5 – 29,6	1,9 – 2,4
M±m	46,2±1,4	21,2±1,1	27,4±1,1	2,2±0,2
v, %	7	13	9	16

Примечание. В таблицах 2 и 3: Lim – предел колебаний, M±m – средняя арифметическая и её ошибка, v – коэффициент варьирования.

От светло-серых к серым и далее к тёмно-серым почвам с закономерным ростом общего содержания гумуса и азота увеличивается количество гуминовых кислот. Несмотря на значительные колебания в их содержании по подтипам доля ГК в серых лесных почвах в 1,5-2 раза превышает количество фульвокислот. Наибольшее преобладание ГК над ФК характерно для тёмно-серых лесных почв.

Определение азота в составе гумусовых кислот показало, что отношение между $N_{ГК}:N_{ФК}$ в светло-серых лесных почвах около 1. С преобладанием содержания гуминовых кислот в серых и тёмно-серых лесных увеличивается доля азота в их составе и, соответственно, меняется отношение $N_{ГК}:N_{ФК}$ до 2. Относительное количество азота в составе нерастворимого остатка серых лесных почв мало отличается как по подтипам, так от других типов почв и составляет 22-29%.

В серых лесных и тёмно-серых лесных почвах отношение между азотом гуминовых и азотом фульвокислот в сравнении с дерново-подзолистыми почвами меняется. Если в иллювиальном горизонте составляет меньше 1, то в верхних горизонтах ($A_{пах}$ и A_1A_2) – больше единицы.

Изучение фракционного состава гумуса показало (табл. 3), что за счёт дернового процесса почвообразования (более активное поступление растительных остатков и повышенная активность их распада) в серых лесных почвах накапливаются вторые фракции гуминовых и фульвокислот (в сумме до 40%), которые преимущественно связаны с кальцием. Наибольшее содержание Са-гуматов характерно, как и в чернозёмах, для пахотного слоя, вниз по профилю почв количество их снижается.

Среди серых лесных почв региона выделяются светло-серые лесные почвы, которые по ряду свойств приближены к дерново-подзолистым почвам [2]. Исследования показывают, что по составу гумуса эти почвы отличаются от дерново-подзолистых, т.к. в них по всему профилю имеются вторые фракции гумусовых кислот.

Насыщенность азотом гумусовых кислот зависит от направленности процессов гумусообразования. В серых лесных почвах доля азота подвижных фракций (Ia и I) гумусовых кислот уменьшается в 3 раза при одновременном увеличении до 18-32% азота II фракций гуминовых кислот.

Таблица 3

**Распределение углерода и азота во фракциях гумуса серых
лесных почв (числитель – % от C_{общ}, знаменатель – % от N_{общ})**

Показатель	Фракции гумуса			
	I a	I	II	III
Гуминовые кислоты				
Lim	-	$\frac{12,2-19,0}{5,0-12,3}$	$\frac{10,7-20,0}{18,2-32,1}$	$\frac{1,9-7,0}{10,7\pm 14,0}$
M±m	-	$\frac{15,8\pm 0,8}{9,6\pm 1,0}$	$\frac{16,8\pm 1,7}{23,8\pm 2,2}$	$\frac{4,7\pm 0,6}{12,8\pm 0,8}$
v, %	-	$\frac{14}{25}$	$\frac{29}{23}$	$\frac{37}{16}$
Фульвокислоты				
Lim	$\frac{2,0-7,6}{1,4-3,5}$	$\frac{4,0-12,0}{2,0-6,9}$	$\frac{1,5-14,2}{0,6-5,6}$	$\frac{4,1-12,0}{7,4-14,0}$
M±m	$\frac{4,4\pm 0,7}{2,5\pm 0,3}$	$\frac{7,2\pm 1,2}{4,6\pm 0,8}$	$\frac{7,3\pm 1,7}{3,2\pm 0,8}$	$\frac{7,4\pm 1,0}{10,8\pm 1,0}$
v, %	$\frac{42}{32}$	$\frac{48}{41}$	$\frac{67}{63}$	$\frac{38}{22}$

Доля азота в III фракциях гуминовых и фульвокислот практически одинакова во всех почвах. Основная часть запаса азота в исследуемых почвах, как и во всех других, представлена прочносвязанными соединениями во фракции III и гумине.

Закрепление и сохранение азота в составе гумусовых веществ и способность их вовлекаться в биологический круговорот – важные факторы регуляции процессов трансформации элемента в системе минерализация – иммобилизация [7-9]. Было показано, что наиболее насыщены азотом гумусовые кислоты дерново-подзолистых почв и меньше – чернозёмов.

Определения соединений азота в препаратах гумусовых кислот серых лесных почв позволили установить, что более половины азота гуминовых кислот этих почв гидролизуется (табл. 4). В составе гидролизуемого азота гуминовых кислот значительно преобладает аминный азот. Азот фульвокислот гидролизуется полнее (более 70% N препарата), чем азот гуминовых, при этом выход гидролизуемых соединений больше. Негидролизуемый азот фульвокислот в основном представлен неидентифицированными соединениями азота.

Таблица 4

**Формы соединений азота в гумусовых кислотах
серой лесной почвы, % к азоту препарата**

Азот препа- рата, %	Гидролизуемый азот				Негидролизуемый азот		
	всего	в том числе			все- го	в том числе	
		аммоний- ный	амин- ный	НИ*		гетеро- циклов	НИ*
Гуминовые кислоты							
3,80	54,0	15,5	30,9	7,6	46,0	12,0	34,0
Фульвокислоты							
2,85	73,0	22,8	35,0	14,7	27,0	5,2	21,8

*НИ – азот неидентифицированных соединений

Гидролиз препаратов гумусовых кислот позволяет оценить наиболее конденсированную и наименее мобильную часть гумусовых веществ, поскольку в состав препаратов гумусовых кислот переходят в основном наиболее прочносвязанные фракции II и III.

Заключение. Количественное содержание и качественный состав органического вещества серых лесных почв сибирских агроценозов зависит от условий их формирования. Являясь промежуточным продуктом почвообразования между дерново-подзолистыми почвами и чернозёмами, серые лесные почвы отличаются от первых повышенным содержанием гумуса (2,4-7,7%) и азота (0,13-0,49%).

Увеличение гумусированности закономерно наблюдается от светло-серых к серым и далее к тёмно-серым лесным почвам. Для всех подтипов характерен гуматный тип гумуса – гуминовые кислоты в $A_{\text{пах}}$ преобладают над фульвокислотами ($C_{\text{ГК}} : C_{\text{ФК}} = 1,8 \pm 0,1$). С глубиной по профилю доля фульвокислот возрастает.

Распределение азота в гумусовых кислотах серых лесных почв, как и у всех почв, зависит от направленности процессов гумусообразования, – отношение между азотом гуминовых и азотом фульвокислот в пахотном слое и горизонте A_1A_2 , как правило, больше единицы и лишь в иллювиальном горизонте светло-серых меньше. Насыщенность азотом гумусовых веществ так же зависит от направленности процессов гумусообра-

зования. В серых лесных почвах, в отличие от дерново-подзолистых, количество азота подвижных фракций (Ia и I) гумусовых кислот уменьшается в 3 раза при одновременном увеличении до 18-36% азота фракции II гуминовых кислот. Количество азота в III фракции $C_{гк}$ и $C_{фк}$ практически одинаково во всех почвах.

Результаты изучения гидролизуемости азота гумуса позволяют отметить высокую способность соединений азота гуминовых и фульвокислот к гидролизу (около 50 и 65 %) с преобладанием в составе гидролизатов аминного азота.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрохимическая характеристика почв (Западная Сибирь). М.: Наука, 1968. 382 с.
2. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 268 с.
3. Хмелёв В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования / РАН. Сиб. отд-ние. ИПА. Новосибирск: СО РАН, 2009. 349 с.
4. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия / под ред. А.Л. Иванова, Л.М. Державина. М.: Россельхозакадемия, 2008. 394 с.
5. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
6. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ, 1972. 291 с.
7. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 288 с.
8. Семёнов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
9. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: НГАУ, 2013. 790 с.

**Г.И. ЕФИМОВА, канд. с.-х. наук,
П.А. ЯСКО**
ФГБУ «ЦАС «Новосибирский», Новосибирск

ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ОПОДЗОЛЕННОЙ ПОЧВЫ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИСАЛАИРЬЯ

Социально-экономический кризис последних десятилетий негативно отразился на функционировании аграрного сектора. В результате нарушения технологических приемов обработки почвы, резкого сокращения объёмов применения органических и минеральных удобрений наблюдается изменение свойств пахотных почв.

Состояние и функционирование земель сельскохозяйственного назначения применительно к условиям Новосибирской области лимитируется, в первую очередь, недостаточными объёмами внесения органических и минеральных удобрений, а также недостаточной реализацией мероприятий по охране и рациональному их использованию [1].

При использовании пахотных почв в условиях производства сельскохозяйственной продукции первостепенное значение имеет плодородие почвы, т.е. то, в какой степени почва способна удовлетворить потребности возделываемых в элементах минерального питания.

Серые лесные почвы в пределах Новосибирской области расположены на повышенных элементах рельефа с относительно глубоким залеганием грунтовых вод: увалы Приобского плато, низкие гривы водораздельных пространств и дренированные участки водоразделов [2].

Согласно общепринятой в нашей стране «Классификации и диагностике почв СССР» [3], серые лесные почвы относятся к типу серых лесных с подразделением их на три подтипа: тёмно-серые, серые и светло-серые почвы. Подтипы различаются между собой разным содержанием гумуса в верхнем горизонте (горизонте A_1) и, как следствие, различной интенсивностью серой окраски этого горизонта, а также с неодинаковой выражен-

ностью в профиле элювиально-иллювиального процесса. При этом, по мнению В.А. Хмелева [4], к термину «лесная» следует добавлять термин «оподзоленная», тем самым оттеняя то обстоятельство, что до распашки в серых лесных почвах совершался, наряду с гумусо-аккумулятивным, и элювиально-иллювиальный процесс оподзоливания.

Площадь распаханых серых лесных оподзоленных почв в пределах области превышает 524 тыс. га, из которых 34,3% приходится на подтип серых лесных почв.

Мониторинг за изменением агрохимических свойств серой лесной оподзоленной почвы осуществлялся при помощи стационарных наблюдений на базе реперного участка, заложенного в 1991 году в соответствии с общероссийской программой ЦИ-НАО [5].

Реперный участок расположен в зоне лесостепи Присалаирья. Площадь участка, составляющая 8 га, разбита на 4 элементарные единицы размером 2 га. Почвенные образцы отбирали ежегодно весной с глубины пахотного слоя. На каждом элементарном участке отбирался один смешанный образец, составленный из 10 индивидуальных проб.

Методы анализа: определение гумуса по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора и обменного калия – по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91), рН солевой вытяжки – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85).

Объект наблюдения: серая лесная оподзоленная почва, находящаяся в сельскохозяйственном использовании в составе пашни ЗАО «Александровское» Маслянинского района. Севообороты, рекомендуемые для зоны, с использованием занятого пара, зерновых и зернофуражных культур, а также многолетних трав.

По исходным агрохимическим показателям (1991 г.) серая лесная оподзоленная среднесуглинистая почва имела сильно-кислую реакцию почвенного раствора ($\text{pH}_{(\text{сол.})}$ 4,3), низкое содержание гумуса (3,6%), повышенное содержание подвижных фосфора (144 мг/кг P_2O_5) и калия (89 мг/кг K_2O).

За длительный период наблюдений (24 года) в показателях основных агрохимических свойств серой лесной оподзоленной почвы произошли некоторые изменения (табл. 2).

Таблица 1

**Исходные агрохимические свойства серой лесной почвы
(1991 г.)**

Гранулометрический состав	pH _(сол.)	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
средний суглинок	4,3	3,6	144	89

Таблица 2

**Динамика агрохимических свойств серой лесной
оподзоленной почвы**

Годы	pH _(сол.)	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1991-1995	4,5	3,3	149	86
1996-2000	4,3	3,3	129	81
2001-2005	4,2	3,0	149	71
2006-2010	4,3	2,9	141	69
2011-2015	4,2	2,9	154	78

Отмечено дальнейшее подкисление почвы: значение кислотности pH_{сол.} снизилось на 0,3 единицы. Одной из причин этого снижения, по-видимому, является систематический некомпенсируемый вынос кальция с урожаем сельскохозяйственных культур.

Изменения коснулись также статуса гумусного состояния изучаемой почвы. В результате экстенсивного типа земледелия (без внесения органических и минеральных удобрений) очевидно нарастающие истощения плодородия серой лесной оподзоленной почвы, отразившиеся в снижении содержания органического вещества. Содержание гумуса в период исследований последовательно снижалось. За 24 года наблюдений (1991-2015 гг.) содержание гумуса уменьшилось на 0,4%.

Падение содержания гумуса в пахотных почвах связано, в основном, с влиянием антропогенной нагрузки, а также с утратой легкоминерализуемой части органического вещества [6]. По мнению некоторых авторов [7], вследствие неизбежных биологических потерь органического вещества (преобладание процессов минерализации над процессами гумификации) каждая почва приходит к определенному содержанию гумуса, так называемому равновесному или критическому уровню. Для зоны северной лесостепи Новосибирской области с наличием се-

рых лесных и черноземных почв критический уровень гумусного состояния составляет 3,5%. Уменьшение содержания гумуса в почве ниже этого критического уровня приводит к снижению как почвенного плодородия, так и урожаев сельскохозяйственных культур. Применительно к серой лесной оподзоленной почве в условиях наших наблюдений содержание гумуса находится ниже критического уровня.

Известно, что пахотные почвы зоны лесостепи Присалаирья имеют достаточно высокую обеспеченность подвижным фосфором [7].

По данным наших наблюдений, содержание подвижного фосфора серой лесной оподзоленной почвы изменилось незначительно в сторону повышения пограничных показателей: из градации повышенного содержания в градацию высокой обеспеченности.

Вариабельность содержания обменного калия также незначительна.

Таким образом, в результате наблюдений в течение 1991-2015 гг. на серой лесной оподзоленной почве лесостепи Присалаирья отмечено снижение содержания гумуса на 12,1%, повышение $pH_{\text{сол}}$ – на 6,7%.

Следует отметить, что изменения практически не коснулись содержания подвижного фосфора и обменного калия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плодородие автоморфных почв Приобья в системе агроэкологического мониторинга / В.Н. Мурин, Г.И. Ефимова, Г.И. Ткаченко [и др.] // Агрохимический вестник. № 3. 2002. С. 26-28.
2. Почвы Новосибирской области. Новосибирск: Наука-СО РАН. 1966. 420 с.
3. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 229 с.
4. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск: СОРАН, 2009. 346 с.
5. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках. М.: ЦИНАО, 1991. 16 с.
6. Шарков И.Н. Плодородие в свете современных представлений об органическом веществе почвы // Агрохимические свойства почв и приемы их регулирования. IV Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения. Новосибирск, 2009. С. 60-72.

7. Антипина Л.П., Пашкович Н.К. Закономерности распределения фосфора в почвенном покрове Западной Сибири // Фосфатный режим почв Сибири: Сб. науч. тр. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1985. С. 3-9.
8. Воспроизводство гумуса как составная часть системы управления плодородием почв: методическое пособие / И.Н. Шарков, А.А. Данилова, А.С. Прозоров [и др.]; Россельхозакадемия. ГНУ Сиб. науч.-исслед. Ин-т земледелия и химизации сельского хозяйства. Новосибирск, 2010. 36 с.

УДК 631.4:631.8

А.В. Игловиков, канд. с.-х. наук, доцент
ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, Тюмень

ОПТИМИЗАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА НАРУШЕННЫХ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Обеспеченность растений питательными веществами из почвы зависит от емкости её катионного обмена, кислотно-щелочной характеристики, процесса высвобождения элементов питания из сложных соединений органической и минеральной части [1]. На Крайнем Севере рекультивации обычно подвергаются тундровые почвы песчаного и супесчаного гранулометрического состава, которые с биологической точки зрения относятся к биологически инертным субстратам с низким содержанием органического вещества и ничтожно малым запасом валовых форм питательных веществ. В связи с этим определяющую роль в формировании питательного режима для рекультивационных травосмесей играют минеральные удобрения [2].

Тундровые почвы характеризуются неблагоприятными для выращивания растений физико-химическими и водно-физическими свойствами. В особенности это относится к нарушенным почвам, естественный растительный покров которых практически уничтожен [3].

Изменение условий произрастания растений при внесении мелиорантов, органических и минеральных удобрений происходит благодаря антропогенному улучшению показателей пло-

дородия, поэтому целью наших исследований была оптимизация питательного режима нарушенных тундровых почв при проведении биологической рекультивации.

Материал и методы исследования. Экспериментальная работа выполнена на нарушенных почвах Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (далее БНГКМ), находящегося в западной части среднего Ямала в 110 км от Карского моря [3, 4]. Почвы были нарушены в результате размещения намытого грунта, который используются при строительстве автомобильных, железных дорог и вахтовых посёлков [5].

Климатические особенности Крайнего Севера обусловлены географическим положением. Среднегодовая температура воздуха в зоне тундры -7°C . Сумма эффективных температур не превышает 900°C . Вегетационный период длится до 70 суток. В год обычно выпадает 220-400 мм осадков, из них 60% – в весенне-летний период. На глубине от 30 до 200 см в почве присутствует вечная мерзлота, которая создает неблагоприятный температурный, а вместе с ним и микробиологический режим [6].

В опытах под многолетние травы вносили нитроаммофоску, содержащую по 16 д.в. азота, фосфора и калия (ГОСТ Р 51520). Основные показатели состава и свойств намытых грунтов изучались по общепринятым методикам. Физико-химический состав грунтов: азот – по Кьельдалю, гумус – по Тюрину, фосфор и калий – по Капенну-Гильковицу, насыщенность почвы основаниями – расчетным путем по ГОСТ 17.4.4.02-84. Содержание в грунтах минерального (аммиачного и нитратного) азота – по Грандваль-Ляжу, подвижного фосфора и калия – по А.Т. Кирсанову, содержание гумуса – по ГОСТ 23740-79.

Результаты исследований. Содержание органического вещества в исследуемых грунтах Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения очень низкое и соответствует значениям тундровых почв. Оно практически остается стабильным на протяжении восьми лет проведения полевого опыта. Перед его закладкой в слое 0-30 см количество органического вещества составляло 0,8%, через восемь лет – 1,1%.

Внесение минеральных удобрений повысило содержание органического вещества на всех вариантах опыта. При внесении

НРК по 90 кг д.в./га в среднем за пять лет его количество увеличилось на 0,3%, (НРК)₁₅₀ – на 0,32%, (НРК)₂₁₀ – на 0,61%. Максимальное различие в содержании органического вещества (0,1-0,23%) по вариантам опыта установлено на девятый год жизни многолетних трав. Зависимость между нормой внесения удобрений и содержанием органического вещества в 0,3 м слое грунта подтверждена коэффициентом корреляции, который за годы исследований варьировал от 0,7 до 0,96, что соответствовало тесной положительной связи.

В результате внесения высоких доз минеральных удобрений существенно возросла обменная кислотность почвогрунта. Самое заметное подкисление по всему слою 0,3 м было отмечено на фоне N₂₁₀P₂₁₀K₂₁₀. По сравнению с неудобренными деланками в среднем за восемь лет обменная кислотность увеличилась на 0,5 ед. При этом максимальные различия (0,7 ед. рН) были установлены в первый год после внесения удобрений. В последующие годы различия в кислотности снизились практически в 2 раза и не превышали 0,3-0,5 ед. рН.

Многолетние травы в условиях пониженных температур Крайнего Севера нуждаются в большем содержании элементов питания в почве, чем в районах традиционного земледелия. На холодных почвах эффективность удобрений снижается вдвое против теплых [7]. Основной лимитирующий элемент в питании растений на северных почвах – азот. При внесении полного минерального удобрения на долю азота приходится более 80% прибавки урожая от НРК [8].

Как известно, основные формы минерального азота, которые поглощаются растениями из почвы, – нитратная и аммиачная. Д.Н. Прянишников (1955) установил, что аммоний и нитраты хорошо усваиваются растениями, но по-разному, в зависимости от внешних условий, в частности, от рН среды [9]. Растения лучше развиваются по нитратному азоту на почве с кислой реакцией среды, одинаково – со слабокислой реакцией и лучше по аммиачному азоту на почве с нейтральной реакцией [10].

В результате проведенных исследований нами установлено низкое содержание нитратного азота на всех вариантах опыта. Одной из причин этого является то, что нитрификация подавляется при температурах почвы ниже +10⁰С. Именно такой

температурный режим имел место при проведении исследований [11].

На контрольных делянках в среднем за восемь лет количество нитратного азота составляло 1,8 мг/кг. На делянках, где удобрения не вносили, содержание нитратов варьировало в течение вегетационного периода незначительно. Содержание нитратного азота на контрольных делянках низкое по всему профилю: в слое 0-10 см – 1,45 мг, 10-20 см – 1,55 мг, 20-30 см – 2,45 мг/кг. Просматривается тенденция снижения содержания нитратного азота на четвертый год жизни многолетних трав вследствие активного использования растениями. В последующие же четыре года жизни трав отмечается его стабилизация в 30 см слое – на уровне 1,9 мг/кг.

Максимальное количество нитратов на всех удобренных делянках содержалось в конце вегетационного периода, что связано с усилением деятельности нитрифицирующих бактерий при повышении температуры грунта. Между содержанием нитратного азота в слое грунта 0-30 см и дозами минеральных удобрений имеется тесная связь, выражающаяся коэффициентами корреляции от 0,72 до 0,98.

Повышение дозы минеральных удобрений до $(NPK)_{210}$ кг д.в./га обеспечило содержание нитратного азота в слое 0-20 см в среднем за восемь лет 2,1 мг/кг, на глубине 20-30 см – 6,6 мг/кг. Учитывая, что основная масса корней многолетних трав находится в слое 0-20 см, можно говорить о слабом использовании нитратов. Концентрирование азота удобрений происходит на границе холодного экрана (мерзлотного слоя) за счет термокапиллярного передвижения влаги и растворенного в ней азота. По мнению В.Д. Панникова и В.Г. Минеева (1987), слабое закрепление нитратов объясняется тем, что они обычно не входят в состав малорастворимых соединений и не поглощаются отрицательно заряженными коллоидами почвы.

Валовое содержание фосфора в исследуемых грунтах БНГКМ очень низкое – 0,71-0,87% от абсолютно сухой почвы. Содержание подвижного фосфора в среднем за восемь лет без внесения удобрений составило в слое 0-30 см 1,4 мг/100 г почвы, во все сроки определения его минимальное количество установлено в слое 0-10 см (1,1-1,3 мг/100 г) в результате ак-

тивного потребления многолетними травами. На глубине 10-20 и 20-30 см его содержание было практически одинаковым, что указывает на хорошее закрепление фосфора путем формирования нерастворимых в воде соединений с железом и алюминием.

В условиях Крайнего Севера очень важную роль в питании растений играет калий. Он повышает их холодостойкость, делает способными расти при низких температурах. Нарушенные почвы БНГКМ содержат относительно большие запасы валового калия (0,42-0,54%). Основная его часть находится в доступной растениям форме, о чём свидетельствуют результаты определения на контрольных делянках. В среднем за восемь лет исследований на неудобренных делянках его содержание составило 7,6 мг/100 г. Важно отметить, что снижаются запасы подвижного калия на контрольных делянках к концу вегетации многолетних трав восьмого года жизни с 12,8 до 7,6 мг/100 г. Минимальное количество калия находится в слое 0-10 см – 5,1 мг/100 г, что обусловлено его потреблением травами. Вниз по профилю грунта количество подвижного калия изменяется не существенно (10-20 см – 9,1 мг, 20-30 см – 10,2 мг/100 г).

Внесение калия способствовало его значительному передвижению вниз по профилю. Если на контрольных делянках на глубине 20-30 см среднее за восемь лет содержание калия составило 10,2 мг, то на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 16,9 мг, $N_{210}P_{210}K_{210}$ – 18,6 мг/100 г. Всё это указывает на слабое закрепление калийных удобрений в легких по гранулометрическому составу грунтах с низким содержанием органического вещества.

Выводы.

1. При внесении минеральных удобрений по 90 кг д.в./га в среднем за восемь лет количество органического вещества увеличилось на 0,3%, $(NPK)_{150}$ – на 0,32%, $(NPK)_{210}$ – на 0,61%. Максимальное различие в содержании органического вещества (0,1-0,23%) по вариантам опыта установлено на девятый год жизни многолетних трав.

3. Внесение минеральных удобрений повышает содержание аммонийного азота в слое 0-30 см по сравнению с контролем на 12,5% $(NPK)_{90}$, 56,2% $(NPK)_{150}$, 62,5% $(NPK)_{210}$. Валовое содержание фосфора в намытых грунтах очень низкое – 0,71-0,87% от абсолютно сухой почвы. Внесение минеральных удоб-

рений обеспечило повышение содержания подвижного фосфора в среднем за восемь лет исследований по сравнению с контролем на 14,3% (NPK)₉₀, 28,5% (NPK)₁₅₀, 35,7% (NPK)₂₁₀. Намытые грунты БНГКМ содержали относительно большие запасы валового калия (0,42-0,54%). Калийные удобрения оказывают положительное влияние на его содержание в грунтах. Внесение (NPK)₉₀ кг д.в./га увеличивает содержание подвижного калия в среднем за восемь лет в слое 0-30 см с 7,6 до 13,4 мг (76,3%), (NPK)₁₅₀ – до 14,8 мг (94,7%), (NPK)₂₁₀ – до 15,4 мг/100 г (102,6%).

4. Обязательным приемом улучшения питательного режима для создания устойчивых фитоценозов из многолетних трав при проведении биологического этапа рекультивации тундровых почв является внесение повышенных доз минеральных удобрений (NPK)₉₀₋₁₆₀.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Игловиков А.В. Биологическая рекультивация карьеров в условиях Крайнего Севера: автореферат дисс. ... канд. с.-х. наук. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2012.
2. Игловиков А.В. Оптимизация питательного режима нарушенных грунтов Крайнего Севера // Почвенные ресурсы Сибири: Вызовы XXI века: сб. материалов Всерос. научн. конф., посвященной 110-летию проф. Р.В. Ковалева (ИПА СО РАН, Новосибирск). Томск: ТГУ, 2017. Ч. II. С. 168-172.
3. Eremin D., Eremina, D. Influence of granulometric composition structure of anthropogenic - reformed soil on ecology of infrastructure // Procedia Engineering. 2016. No. 165. Pp. 788-793.
4. Igloukov A.V. The development of artificial Phytocenosis in Environmental Construction in the far North / A.V. Igloukov // Procedia Engineering. Volume 165, 2016. P. 800-805.
5. Моторин А.С., Игловиков А.В. Физико-химические свойства и питательный режим нарушенных грунтов Крайнего Севера при их биологической рекультивации // Аграрный вестник Урала. 2012. № 7 (99). С. 66-71.
6. Игловиков А.В., Денисов А.А. Динамика развития искусственно созданного растительного покрова в условиях Крайнего Севера после проведения биологического этапа рекультивации // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2014. № 3 (26). С. 57-61.
7. Дмитриев Н.Н., Житов В.В. Зональные основы системы удобрений в земледелии Иркутской области. Иркутск: ИрГСХА, 2013.
8. Прянишников Д.Н. Агрохимия. Т. 1. М.: Россельхозиздат, 1955. С. 154-261.

9. Игловиков А.В., Моторин А.С. Биологическая рекультивация нарушенных земель в условиях Крайнего Севера // Агропродовольственная политика России. 2014. № 3 (27). С. 26-30.
10. Зейналов Б.Г. Влияние различных доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество озимой пшеницы на основных типах почв низменной части Нахичеванской АССР: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. Баку, 1968. 28 с.
11. Тихановский А.Н. Теория и практика применения удобрений на почвах Крайнего Севера. М.: Научный консультант, 2015. 273 с.

УДК 631.416.2:631.51: 631.559(571.1)

В.Е. СИНЕЩЁКОВ, д-р с.-х. наук,
Г.И. ТКАЧЕНКО, канд. биол. наук
СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, Новосибирск

РЕЖИМ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ПОЧВЕ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Дальнейшее освоение минимальных систем механической обработки почвы обостряет проблему минерального питания сельскохозяйственных культур. Оценка условий фосфорного питания растений и рационального применения фосфорсодержащих удобрений возможна лишь при наличии информации о мобилизации доступного фосфора в период вегетации по разным предшественникам, при освоении ресурсосберегающих технологий обработки почвы.

Результаты исследований о влиянии механической обработки на условия фосфорного питания растений носят противоречивый характер. Так, А.В. Францесон ещё в 1959 г. отмечал, что при обработке почвы луцильником доступного растениям фосфора больше, чем по зяби с отвальной вспашкой [цитировано по О.Т. Ермолаеву]. На выщелоченном чернозёме Омской области А.Е. Кочергиным [2] установлено увеличение содержания подвижного фосфора в безотвальном пару в сравнении с отвальным. В верхнем 10-см слое количество P_2O_5 по методу Францесона составило при безотвальной обработке 19,5 мг/кг, а

при отвальной обработке – в 2 раза меньше, – 10,6 мг. В этих же условиях исследования Г.Я. Палецкой [3], отчётливо свидетельствуют о том, что содержание подвижной фосфорной кислоты может быть увеличено путём минимизации её обработки. На чернозёмах Курганской области [4] подвижных форм фосфора несколько больше после мелкой плоскорезной обработки. В опытах на Макушинском опытном поле Курганской области, в среднем по севообороту, перед посевом культур по вспашке в слое 0-40 см содержалось P_2O_5 по Францесону – 2,1, по глубокому плоскорезу – 2,3 и мелкому плоскорезу – 2,7 мг/100 г. Между тем, в Северном Зауралье на серых лесных почвах при высоком содержании подвижного фосфора (25-28 мг/100 г по Чирикову) разные системы основной обработки почвы не влияли на режим доступного растениям элемента [5]. Различия научных данных по обеспеченности почвы фосфором при разных условиях, на наш взгляд, в значительной степени обусловлены незначительной продолжительностью наблюдений.

Целью нашей работы явилось изучение фосфатного режима почвы при минимизации основной обработки в длительном стационарном полевом опыте.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в период 2002--2017 годы в многофакторном стационарном полевом опыте в СибНИИЗиХ СФНЦ РАН на территории ОПХ «Элитное» Новосибирской области (центрально-лесостепная подзона). Чередование культур в севообороте: пар–пшеница–пшеница–пшеница. Варианты механической обработки почвы в полях севооборота: 1) Вспашка в пару на 25-27 см, под вторую и третью пшеницу после пара на 20-22 см; 2) Безотвальная обработка стойками СибИМЭ в пару на 25-27 см, под вторую и третью культур после пара на 20-22 см; 3) Минимальная обработка осуществлялась культиватором «Степняк» на глубину 10-12 см под все культуры; 4) «Нулевая» обработка – без зяблевой обработки [6].

Опыт по обработке почвы заложен в 4-х повторениях. Поперек основных обработок методом расщепленных делянок накладывались варианты с применением химических средств интенсификации: контроль (без средств химизации); комплекс химизации (P_{120} вносили в паровое поле, N_{60} – под вторую и N_{90} – под третью культуры + гербициды + фунгициды + инсектициды.

Почвенный покров под опытами представлен черноземом среднесуглинистым выщелоченным среднесуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса в слое 0-20 см составляет 6,0%, общего азота – 0,34%, валового фосфора – 0,30%, подвижного фосфора и калия по Чирикову – 20 и 9,7 мг/100 г почвы соответственно.

В работе изучались особенности динамики подвижного фосфора в почве на фоне без средств химизации. Подвижный фосфор в почвенных образцах определяли по методу Карпинского и Замятиной с отработанной на чернозёмах Западной Сибири шкалой (табл. 1).

Таблица 1

Шкала обеспеченности почв легкоподвижным фосфором для зерновых культур [7]

Уровень обеспеченности почв	Содержание P_2O_5 , мг/кг
Низкий	< 0,35
Средний	0,36 – 0,65
Повышенный	0,66 – 1,0
Высокий	1,1 – 1,5
Очень высокий	>1,5

Результаты исследований. Многолетние полевые исследования свидетельствуют о наиболее значительных изменениях в содержании доступных растениям фосфатов в полях севооборота при паровании почвы (табл. 2). В верхнем 20-см слое почвы лишь в случае систематической вспашки содержание доступного фосфора от весны к осени варьировало в пределах градации средней обеспеченности.

Минимизация механической обработки за период парования отчётливо увеличивала среднее количество фосфора до повышенного. Наибольшее повышение содержания P_2O_5 отмечалось на вариантах чёрного пара с глубокой безотвальной и минимальной обработкой – в 1,7 и 1,4 раза соответственно. Существенно ниже сезонный рост количества подвижного фосфора в чистом раннем пару – в 1,2 раза.

Минимализация обработки пара способствовала дифференциации слоёв почвы по содержанию подвижного фосфора.

Таблица 2

**Динамика подвижного фосфора при разных способах
подготовки пара на чернозёме выщелоченном в лесостепи
Приобья, мг/кг (2002-2017 гг.)**

Прием подготовки пара	Слой поч- вы, см	Время определения	
		начало парования	окончание парования
Чистый чёрный пар со вспашкой	0-10	0,56	0,69
	10-20	0,55	0,58
	0-20	0,56	0,64
Чистый чёрный пар с безотвальной обработ- кой	0-10	0,54	0,99
	10-20	0,46	0,67
	0-20	0,50	0,83
Чистый чёрный пар с минимальной обработ- кой	0-10	0,74	1,12
	10-20	0,43	0,48
	0-20	0,58	0,80
Чистый ранний мини- мальный пар	0-10	0,69	0,82
	10-20	0,49	0,55
	-0-20	0,59	0,68

При систематической вспашке отмечалось равномерное распределение P_2O_5 по слоям 0-10 и 10-20 см. Между тем, многолетние ресурсосберегающие обработки обусловили наибольшую аккумуляцию подвижного фосфора в самом верхнем 10-см слое. Данное явление наиболее отчётливо прослеживается в чёрном минимальном пару, где ежегодно механически обрабатывался слой на глубину 10-12 см. Здесь в самом верхнем 10-см слое осенью количество фосфора в 2,3 раза больше, чем в таком же нижележащем.

Резкая выраженность дифференциации обрабатываемого слоя почв по содержанию подвижного фосфора при замене отвальной вспашки на минимальную отмечалась ранее в условиях сухостепной зоны Северного Казахстана [8].

Объяснение данному факту находим в исследованиях учёных СибНИИСХоза [9]. При сокращении числа и глубины механического воздействия на почву происходит неравномерное распределение растительных остатков в корнеобитаемом слое. Это приводит к сокращению прихода в нижнюю часть пахотно-

го и подпахотного слоёв пищи для почвенной биоты, что отражается на её численности и интенсивности.

Накопившиеся в пару доступные растениям элементы обеспечивали питание культур севооборота (табл. 3). Под пшеницей по чёрным парам в слое 0-20 см изменения в содержании P_2O_5 от весны к осени происходили в основном в пределах градации средней обеспеченности. По раннему пару, где формировался наименьший урожай пшеницы, содержание подвижного фосфора в течение вегетации оставалось на уровне повышенного.

Таблица 3

Динамика подвижного фосфора под культурами севооборота при разных способах механической обработки почвы, мг/кг (2002-2017 гг.)

Система основной обработки	Слой почвы, см	1-я культура		2-я культура		3-я культура	
		весна	осень	весна	осень	весна	осень
вспашка	0-10	0,69	0,55	0,62	0,56	0,54	0,43
	10-20	0,60	0,51	0,68	0,52	0,48	0,38
	0-20	0,64	0,53	0,65	0,54	0,51	0,40
безотвальная	0-10	0,76	0,56	0,58	0,62	0,62	0,49
	10-20	0,45	0,45	0,42	0,45	0,43	0,36
	0-20	0,61	0,50	0,50	0,54	0,52	0,42
минимальная	0-10	0,90	0,67	0,71	0,66	0,70	0,47
	10-20	0,44	0,45	0,57	0,44	0,47	0,32
	0-20	0,67	0,56	0,64	0,55	0,58	0,40
без основной обработки	0-10	1,26	1,02	0,73	0,74	0,48	0,52
	10-20	0,48	0,45	0,45	0,40	0,41	0,36
	0-20	0,87	0,74	0,59	0,57	0,44	0,44

Под второй и третьей пшеницей по всем вариантам основной обработки почвы содержание фосфора в 20-см слое в течение вегетации также изменялось в пределах средней обеспеченности. При этом наименьшее количество элемента отмечено после уборки урожая замыкающей культуры севооборота. Меньше всего фосфора потребляла заключительная пшеница на «нулевой» зяблевой обработке.

Отличительной особенностью динамики доступного растениям фосфора является наиболее высокая убыль элемента из

самого верхнего 10-см слоя почвы на ресурсосберегающих вариантах обработки. В слое 10-20 см содержание P_2O_5 в течение вегетации практически не изменялось. Между тем, на варианте систематической вспашки отмечалась убыль элемента как из верхнего, так и из нижнего слоёв чернозёма.

Определяющим фактором в формировании общего уровня урожая пшеницы в севообороте была химизация (табл. 4). Максимальная продуктивность пшеницы отмечена по пару на варианте интенсификации и составила в среднем 3,90 т/га, что на 0,88 т/га больше в сравнении с контролем.

Таблица 4

Урожайность зерновых культур при разных системах основной обработки почвы и уровнях химизации в (2001–2017 гг.), т/га

Система основной обработки почвы	Уровень химизации	Культура в севообороте			Среднее
		по пару	2-я	3-я	
вспашка	экстенсивный	3,10	1,85	1,30	2,08
	интенсивный	3,91	3,52	3,06	3,50
Безотвальная	экстенсивный	3,02	1,61	1,08	1,90
	интенсивный	3,90	3,49	2,93	3,44
минимальная	экстенсивный	2,97	1,57	1,11	1,88
	интенсивный	3,91	3,43	2,91	3,42
без основной обработки	экстенсивный	2,99	1,49	1,03	1,84
	интенсивный	3,86	3,33	2,91	3,37
НСР	обработка	0.17	0.19	0.13	
	химизация	0.16	0.22	0.18	

Это стало возможным в связи с применением фосфорных удобрений в пару в дозе P_{120} на ротацию севооборота, обеспечивших сбалансированное азотно-фосфорное питание первой культуры, и оптимизацией фитосанитарной ситуации в посевах за счет гербицидов и фунгицидов.

На повторных посевах пшеницы преимущество по урожайности на экстенсивном фоне было на варианте со вспашкой в сравнении с минимальными обработками. При оптимизации

минерального питания растений и фитосанитарной ситуации урожайность зерна на второй пшенице на вспашке в сравнении с экстенсивным фоном увеличилась в 1,9 раза, на почвозащитных обработка – в 2,2 раза. Наиболее рельефно действие интенсификации проявилось в заключительном поле севооборота. На варианте систематической вспашки комплекс средств химизации повысил сбор зерна пшеницы в 2,2 раза, а при минимизации механической обработки – даже в 2,7 раза.

Выводы.

1. На чернозёме выщелоченном Новосибирского Приобья парование почвы при минимизации обработки повышало содержание доступного растениям фосфора в слое 0-20 см от среднего до повышенного. При этом наибольшее его количество сосредоточено в слое 0-10 см.

2. Зерновые культуры севооборота, выращиваемые без минеральных удобрений, независимо от варианта механической обработки, обедняли почвенный фонд подвижного фосфора, что наиболее отчетливо прослеживается на заключительной пшенице.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермолаев О.Т. Фосфор: трансформация в почве, поглощение растениями. Тюмень, 2007. 352 с.
2. Кочергин А.Е. Фосфатный фонд почв и его доступность растениям // Почвы Западной Сибири и повышение их плодородия. Омск: ОМСХИ, 1964. С. 12-19.
3. Палецкая Г.Я. Фосфатный режим чернозёмной почвы при отвальной и безотвальной обработке // Агротехника. 1967. № 5. С. 57-60.
4. Эффективность удобрений в условиях Курганской области: методические рекомендации / В.И. Волынкин, Л.Д. Рыбина, О.В. Волынкина [и др.]. Новосибирск, 1982 42 с.
5. Перфильев Н.В. Научные основы применения ресурсосберегающих систем основной обработки тёмно-серых лесных почв Тюменской области // Аграрная наука – развитию и стабилизации агропромышленного комплекса Тюменской области. Тюмень, 2006. С. 144-156.
6. Реестр длительных стационарных полевых опытов государственных научных учреждений Сибирского отделения Россельхозакадемии / Сиб. отд-ние, под ред. Акад. Россельхозакадемии Н.И. Кашеварова. Изд. 1-е. Новосибирск, 2009. 285 с.
7. Берхин Ю.И., Чагина Е.Г., Янцен Е.Д. Проблема диагностики фосфорного питания в условиях интенсивного земледелия // Почвенно-

агрохимические проблемы интенсификации земледелия: сб. науч. тр. СибНИИЗХим. Новосибирск, 1989. С. 129-137.

8. Зайцева А.А., Охинько И.П. Влияние почвозащитной обработки на плодородие почвы // Почвозащитное земледелие. М.: Колос, 1975. С. 232-253.

9. Интенсификация производства зерна в лесостепи / В.Г. Холмов, Л.В. Юшкевич, О.Ф. Хамова [и др.] // Материалы научных чтений, посвящённых 100-летию закладки первых полевых опытов И.И. Жилинским 1997. С. 204-207.

УДК 131.445.24:632.125

**В.А. Воробьёв, д-р с.-х. наук,
Г.В. Гаврилова, канд. с.-х. наук**
Великолукская ГСХА, Великие Луки

**ДЕГРАДАЦИЯ КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ
ХОРОШО ОКУЛЬТУРЕННОЙ
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ
ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕФИЦИТЕ БАЛАНСА
КАЛИЯ В СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ**

Приведены результаты исследований калийного состояния в длительном стационарном полевом опыте на хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве на Северо-Западе России (Псковская область). Установлена существенная деградация всех соединений почвенного калия при ежегодном дефиците баланса этого элемента в течение трёх с половиной ротаций полевого зернопропашного севооборота.

Систематическое применение калийных и органических калийсодержащих удобрений в 60-80-е годы прошлого столетия позволило увеличить площади хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв с 5 до 17% [1]. По данным учёных агрохимиков Северо-Запада России, в таких почвах содержалось в среднем: гумуса – 2,4%, подвижных форм фосфора и калия – 380 и 310 мг/кг соответственно, $pH_{\text{кел}}$ – 6,4 [2, 3]. Однако, антропогенно созданные оптимальные условия для роста и развития растений весьма не устойчивы и при прекращении интенсивно-

го применения удобрений стремятся возвратиться к своему естественному состоянию. При этом, в первую очередь ухудшается калийное состояние хорошо окультуренных почв как наименее устойчивого показателя. Темпы деградации напрямую зависят от уровня дефицита баланса калия в системе удобрения [4, 5].

Подобные закономерности отчётливо прослеживаются в производственных условиях уже практически в течение почти трёх десятилетий. Поэтому изучение динамики калийного состояния в длительных опытах является актуальным и своевременным.

Полевой опыт был заложен в учхозе "Удрайское" Великолукской ГСХА на хорошо окультуренной легкосуглинистой остаточно-карбонатной дерново-подзолистой почве на базе зернопропашного севооборота "картофель ранний – рожь озимая – свёкла кормовая – овёс – кукуруза – ячмень". На момент закладки средние по опыту агрохимические показатели почвы пахотного слоя составляли: $pH_{\text{ксл}}$ – 6,2, $N_{\text{г}}$ – 1,89 мэкв/100 г, S – 8,45 мэкв/100 г, содержание гумуса – 2,71%, содержание подвижных соединений P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – 539 и 456 мг/кг соответственно.

Схема опыта по системе удобрения включала пять вариантов: 1) контроль – без удобрений, 2) N_{90-120} , 3) $N_{90-120}P_{60}$, 4) $N_{90-120}K_{60}$, 5) $N_{90-120}P_{60}K_{60}$. Первые две ротации севооборота под все культуры вносилось N_{120} , начиная с третьей ротации – под зерновые N_{90} , под пропашные – N_{120} . Размер опытной делянки – 112 м², повторность трёхкратная. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом.

Внесение повышенных и высоких доз азотных удобрений было нацелено на мобилизацию высоких запасов подвижного калия исследуемой хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы (содержание подвижного калия на момент закладки опыта составляло 456 мг/кг). С точки зрения агрономической эффективности такая стратегия оказалась достаточно выгодной, поскольку в течение почти трёх ротаций шестипольного зернопропашного севооборота положительного действия калийных удобрений зарегистрировано не было. Моноазотная система позволяла получать до 40 ц/га зерна, более 200 ц/га

картофеля, более 400 ц/га корнеплодов кормовой свёклы и брюквы и зелёной массы кукурузы.

Следует отметить и высокий потенциал продуктивности хорошо окультуренной почвы. Среднегодовая продуктивность 1 га севооборотной площади в варианте "без удобрений" составила 5,5 т зерновых единиц.

Однако, длительный невосполнимый вынос калия из почвы с урожаями возделываемых культур не мог пройти бесследно для многих показателей почвенного плодородия, в том числе и, особенно, калийного состояния.

Как показали результаты исследований, калийное состояние хорошо окультуренной почвы претерпело наиболее существенную трансформацию как в силу оторванности от генетически обусловленного, так и по причине острого дефицита баланса калия (табл. 1). В пределах пахотного слоя почвы содержание участвующих в питании растений форм калия уменьшилось в разы: водорастворимого – в 5,8-8,5, обменного – в 3,1-3,4, не-обменного – в 2,8-3,6 раза. Снижение содержания подвижного калия на 10 мг в 1 кг почвы происходило на фоне невозмещённых его продуктивных потерь в 101 кг/га.

Таблица 1

Изменение калийного состояния окультуренной дерново-подзолистой почвы за 21 год

Вариант системы удобрения	Баланс K_2O , кг/га	Годы	Содержание форм калия, мг K_2O в 1 кг почвы					
			валовой (по Смитту)	водорастворимый (по Дашевскому)	обменный (по Масловоу)	подвижный (по Кирсанову)	необменный (по Пчёлкину)	силикатов
без удобрений	-2646	1987	23050	193	528	493	1752	20770
		2007	21270	33	162	198	570	20538
N ₉₀₋₁₂₀	-3623	1987	22960	195	512	499	1793	20655
		2007	21290	23	150	160	502	20615
N ₉₀₋₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	-2562	1987	22930	176	479	422	1671	20780
		2007	21240	24	155	168	601	20484

Утрата почвой разных форм калия не была синхронной. В первую ротацию севооборота наблюдалась постепенная убыль и обменных, и необменных соединений (табл. 2). В это время калийная буферная система вполне справлялась с возмещением потерь наиболее подвижных форм калия. Для второй ротации характерна быстрая утрата водорастворимого и, отчасти, обменного калия. А в последние 9 лет содержание водорастворимого калия изменялось уже несущественно, но зато потери обменного возросли более чем в два раза.

Таблица 2

Изменение калийного состояния окультуренной дерново-подзолистой почвы по ротациям севооборота

Вариант опыта	Баланс K ₂ O за ротацию, кг/га	Содержание K ₂ O, мг/кг			
		легкораст- воримый	обмен- мен- ный	подвиж движ- ный	необме- нный
Начало 1-й ротации					
Контроль-0	-899	193	528	493	1752
N ₉₀₋₁₂₀	-1270	195	512	499	1793
N ₉₀₋₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	-805	176	479	422	1671
Начало 2-й ротации					
Контроль-0	-790	174	433	410	1685
N ₉₀₋₁₂₀	-1028	160	405	380	1614
N ₉₀₋₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	-702	140	405	348	1516
Начало 3-й ротации					
Контроль-0	-757	54	296	290	1514
N ₉₀₋₁₂₀	-1005	52	260	255	1365
N ₉₀₋₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	-765	48	290	265	1440
Начало 4-й ротации					
Контроль-0	-200	50	160	206	580
N ₉₀₋₁₂₀	-320	36	168	195	532
N ₉₀₋₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	-242	44	168	209	632
Конец опыта					
Контроль-0	-	33	162	198	570
N ₉₀₋₁₂₀	-	23	150	160	502
N ₉₀₋₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	-	24	155	168	601

Деградационный процесс затронул и термодинамические показатели калийного состояния почвы: калийный потенциал увеличился на 15-35, ПБС^К – на 24-44%; запасы легкообменного калия уменьшились в 3,3-4,4 раза.

Таким образом, длительный дефицит калия в системе удобрения культур полевого севооборота на хорошо окультуренной почве ведёт к существенной деградации калийного состояния хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы. Внесение 90-120 кг/га д.в. азотных удобрений ускоряет потери калия почвой. За 21 год исследований в этом варианте содержание водорастворимого калия снизилось в 8,5 раза, подвижного – в 3,1 раза, необменного калия – в 3,5 раза. Ежегодное внесение 60 кг/га д.в. калийных удобрений несколько замедляло деградационные процессы, но не предотвращало их.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов И.А., Иванов А.И. Научно-практические основы системы земледелия Северо-Западного района России. Великие Луки: ВГСХА, 2006. 249 с.
2. Иванов А.И. Почвенно-агрохимическое обоснование системы удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах Северо-Запада России: дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб.-Пушкин, 2000. 295 с.
3. Иванов А.И., Воробьёв В.А., Иванова Ж.А. Современные деградационные процессы в хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 3. С. 15-19.
4. Воробьёв В.А. Агроэкологические аспекты природно-антропогенной трансформации калийного состояния дерново-подзолистых почв Северо-Запада России: дис. ... д-ра с.-х. наук. Великие Луки. 2016. 272 с.
5. Агроэкологические последствия длительного применения дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, В.А. Воробьёв [и др.] // Агрохимия. 2016. № 4. С. 10-17.

А.Н. ТИХАНОВСКИЙ, д-р с.-х. наук
Ямальский отдел ВНИИВЭА, г. Салехард

**БАЛАНС АЗОТА УДОБРЕНИЙ, МЕЧЕННЫХ ^{15}N ,
В СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЕ-- ПОЧВА-- РАСТЕНИЕ
НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ**

Кормовые культуры, выращиваемые на тундровых вечномерзлых почвах, больше всего нуждаются в азоте. Это вызвано низким содержанием валового азота и его минеральных форм в почвах Крайнего Севера.

Кроме того, дефицит азота здесь предопределен слабой микробиологической активностью вследствие низкой температуры почвы, что не позволяет накопить достаточного количества усвояемого азота. Почвы региона представлены в основном тундрово-глееватыми почвами, которые характеризуются низким содержанием гумуса. В силу этих причин растения на Крайнем Севере в первую очередь нуждаются в азоте.

В связи с этим для оптимизации применения азотных удобрений в этих условиях приобретает актуальность изучение баланса азота в системе «удобрение – почва – растение».

В настоящее время накоплена обширная информация по величине использования растениями азота удобрений в различных зонах.

Многочисленными исследованиями с применением ^{15}N установлено, что коэффициент использования азота удобрений растениями составляет 28-74% [1-3].

Исследований же по балансу азота удобрений на почвах Крайнего Севера крайне мало. Исследования проводились в лесотундровой зоне (г. Салехард). Почва по составу поверхностно-подзолистая элювиально-глеевая, супесчаная. Содержание гумуса в слое 0-20 см – 3,08%, общего азота – 0,13%, P_2O_5 – 263 мг, K_2O – 150 мг на 1 кг почвы, гидролитическая кислотность – 5,37 мг-экв/100 г почвы, рН – 5,75. Пойменные почвы – мерзлотные дерново-пойменные, супесчаные. По агрохимическим свойствам почвы кислые рН – 3,95, гумуса – 0,93%, общего азо-

та – 0,05%, P₂O₅ – 218мг, K₂O – 50 мг на 1 кг почвы, гидролитическая кислотность – 4,23 мг-экв/100 г почвы.

Сумма выпавших осадков за вегетационный период – 110-330 мм, сумма тепла – 755-1250°С, среднесуточная температура – 9,9-11,2°С, продолжительность вегетационного периода – 76-111 дней.

Исследование баланса азота на поверхностно-подзолистых элювиально-глееватых супесчаных вечномерзлых почвах под рапсом яровым с применением ¹⁵N показали, что увеличение дозы азотного удобрения от N₆₀ до N₁₂₀ (на фоне P₉₀K₁₂₀) приводит к снижению степени использования внесенного азота рапсом яровым. При этом его потери увеличивались на 5,8%. Закрепилось азота в слое почвы 0-100 см 7,1-8,4% (табл. 1).

Таблица 1

Баланс меченого ¹⁵N удобрений при возделывании рапса ярового (среднее за 3 года), %

Вариант	Усвоено рапсом яровым	Осталось в почве в слое 0-100 см	Неучтенные потери
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	24,5	7,5	68,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	22,0	7,1	70,9
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	17,8	8,4	73,8

Миграция внесенного азота под рапсом яровым за пределы корнеобитаемого слоя 0-40 см составила 1,5-2,1%, за пределы 40-60 см – 0,4-1,3% (табл. 2).

Таблица 2

Динамика распределения ¹⁵N в почве после уборки рапса ярового (среднее за 3 года), %

Вариант	Слой почвы, см					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	3,2	2,6	0,4	0,5	0,8	7,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	2,0	2,3	1,7	0,2	0,2	7,1
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	2,3	4,6	0,2	0,4	0,9	8,4

В слое 0-40 см закрепились 60,6-90,7% всего обнаруженного в слое 0-100 см азота. Следовательно, основная масса закрепленного в почве азота находится в корнеобитаемом слое.

На долю азота почвы в общем его выносе приходится 39,0-42,9%, азота удобрений – 12,0-15,8%, экстра-азота – 45,1-46,3% (табл. 3). С увеличением дозы вносимого азота увеличивается доля азота удобрений в общем его выносе. Так, при внесении N_{60} на фоне $P_{90}K_{120}$ этот показатель составил 12,0%, N_{90} – 14,7 и N_{120} – 15,8%.

Таким образом, основная роль в формировании урожая рапса ярового принадлежит почвенному азоту, на долю азота удобрений приходится 12-15,8% от общего выноса с урожаем. Коэффициент использования азота удобрений рапсом яровым на поверхностно-подзолистых элювиально-глееватых супесчаных почвах Крайнего Севера, установленный с применением ^{15}N , составляет от 17,8 до 24,5%.

Таблица 3

**Использование азота удобрений рапсом яровым
(среднее за 3 года), %**

Вариант	Общий вынос азота, кг/га	Азот удобрений в общем выносе		Азот почвы в общем выносе		Экстра-азот	
		кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
$P_{90}K_{120}$ – фон	52,7	–	–	52,7	100,0	–	–
$N_{60}P_{90}K_{120}$	122,8	14,7	12,0	52,7	42,9	55,4	45,1
$N_{90}P_{90}K_{120}$	135,0	19,8	14,7	52,7	39,0	62,5	46,3
$N_{120}P_{90}K_{120}$	135,0	21,3	15,8	52,7	39,1	60,9	45,1

Повышение дозы вносимого азота с N_{60} до N_{120} увеличивает его потери с 68,0 до 73,8%. Коэффициенты использования азота удобрений, рассчитанные разностным методом, были на 50,8-92,3% больше, чем коэффициенты, вычисленные изотопным методом. Практика сельскохозяйственного использования лугов свидетельствует о том, что наиболее эффективным в отношении продукционного процесса оказывается внесение минеральных удобрений, особенно азотных.

В условиях лесотундры Западной Сибири вопрос баланса азота удобрений под естественными травостоями не изучен.

Наши исследования показали, что коэффициент использования азота удобрений естественными травостоями поймы Оби крайне низок и не превышает 11,5% (табл. 4).

Таблица 4

Баланс меченого ^{15}N в почве под естественным травостоем поймы Оби, % от внесенного (среднее за 3 года)

Вариант		Усвоено естественным травостоем	Осталось в почве в слое 0-100 см	Неучтенные потери
доза извести	минеральные удобрения			
без извести	$\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	5,7	8,9	85,4
	$\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	7,6	8,0	84,4
	$\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	7,7	6,4	85,9
0,25 г.к.	$\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	5,1	9,5	85,4
	$\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	6,3	8,6	85,1
	$\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	6,2	6,2	87,6
0,5 г.к.	$\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	8,6	10,7	80,7
	$\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	10,8	10,5	78,7
	$\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	11,5	10,3	78,2

Известкование из расчета 0,25 г.к. не оказывало влияния на усвоение естественным травостоем азота, и только увеличение дозы вносимой извести до 0,5 г.к. приводило к увеличению степени использования азота по сравнению с контролем. Так, внесение N_{30} на фоне извести 0,5 г.к. по сравнению с той же дозой азота, но без внесения извести, повышала степень использования его на 2,9%, при внесении N_{60} – по сравнению с той же дозой, но без внесения извести – на 3,2%, N_{90} – на 3,8%.

Увеличение же дозы азотных удобрений как на фоне извести, так и без нее снижало закрепление азота удобрений в почве. Причем без внесения извести и применение извести 0,25 г.к. количество закрепленного в слое почвы 0-100 см снижалось с увеличением дозы азота значительно больше, чем при внесении извести 0,5 г.к. В первом случае закрепление азота с увеличением дозы азота снизилось на 0,9-2,5%, во втором на 0,2-0,4%.

Внесение извести из расчета 0,5 г.к. позволило снизить потери азота на 4,7-7,7% по сравнению с контролем в зависимости от дозы азота. По мнению большинства исследователей, ос-

новные потери азота удобрений происходят в результате денитрификации и вертикальной миграции по профилю почвы [1-2].

В наших исследованиях на дерново-пойменных почвах Крайнего Севера миграция внесенного азота за пределы корнеобитаемого слоя (0-40 см) составила 1,8-3,9% от всего обнаруженного в слое почвы 0-100 см (табл. 5).

Таблица 5

Распределение ^{15}N в дерново-луговой почве естественных трав, % от внесенного (среднее за 3 года)

Вариант		Слой почвы, см					
доза извести	минеральные удобрения	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
без извести	$\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	2,9	1,8	1,4	1,5	1,3	8,9
	$\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	4,0	1,4	0,5	0,9	1,2	8,0
	$\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	3,5	0,8	0,5	0,5	1,1	6,4
0,25 г.к.	$\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	4,1	1,9	1,3	0,9	1,3	9,5
	$\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	4,4	1,1	1,0	0,7	1,4	8,6
	$\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	3,7	0,7	0,4	0,5	0,9	6,2
0,5 г.к.	$\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	5,5	1,3	1,0	1,5	1,4	10,7
	$\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	5,6	1,8	1,5	0,7	0,9	10,5
	$\text{N}_{90}\text{P}_{45}\text{K}_{90}$	5,9	1,9	1,4	0,4	0,7	10,3

Рассматривая баланс азота ^{15}N удобрения в системе «почва-растение» в зависимости от доз азотных удобрений и извести, необходимо отметить, что они оказывали влияние на статьи баланса. С увеличением дозы вносимых азотных удобрений повышалось количество азота удобрений в общем выносе естественным травостоем (табл. 6). Так, при внесении N_{30} азот удобрений в общем выносе составил 2,5%, при N_{90} – 5,9%, при внесении извести 0,5 г.к. эти показатели были равными 2,9 и 7,2%, соответственно.

Нашими исследованиями установлена большая значимость в питании естественных травостоев луга почвенного азота. Содержание почвенного азота в общем выносе трав составляет 35,6-66,9% и зависит от дозы внесенного азота и извести. При дозе азота 30 кг д.в. вынос составляет 61,2% при N_{90} – 35,6. Внесение извести по 0,5 г.к. увеличивает содержание почвенного азота в общем выносе на 5,7-7,0% по сравнению с контролем.

Таблица 6

**Использование азота удобрений естественным травостоем
поймы р. Оби (среднее за 3 года)**

Вариант		Общий вынос азота, кг/га	Азот удобрений в общем выносе		Азот почвы в общем выносе		Экстра-азот	
			кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
доза извести	минеральные удобрения							
без извести	P ₄₅ K ₆₀ - фон	41,6	–	–	41,6	100	–	–
	фон + N ₃₀	68,0	1,7	2,5	41,6	61,2	24,7	36,3
	фон + N ₆₀	100,1	4,6	4,6	41,6	41,6	53,8	53,8
	фон + N ₉₀	116,9	6,9	5,9	41,6	35,6	68,4	58,5
0,25 г.к.	P ₄₅ K ₆₀ - фон	48,8	–	–	48,8	100	–	–
	фон + N ₃₀	74,9	1,5	2,0	48,8	65,1	24,6	32,9
	фон + N ₆₀	97,7	3,8	3,9	48,8	49,9	45,1	46,2
	фон + N ₉₀	119,1	5,6	4,7	48,8	41,0	64,7	54,3
0,5 г.к.	P ₄₅ K ₆₀ - фон	60,7	–	–	60,7	100	–	–
	фон + N ₃₀	90,7	2,6	2,9	60,7	66,9	27,4	30,2
	фон + N ₆₀	118,9	6,5	5,6	60,7	51,0	51,7	43,4
	фон + N ₉₀	142,6	10,3	7,2	60,7	42,6	71,6	50,2

Вместе с тем в формировании урожая важное значение имеет и дополнительная минерализация почвенного азота – экстра-азота. В наших исследованиях в зависимости от дозы азота содержание экстра-азота колеблется от 30,2 до 58,8% в общем выносе. Внесение извести 0,5 г.к. снижает содержание экстра-азота по сравнению с контролем на 5,9-10,4%.

Как известно, основными формами минерального азота, которые поглощаются растениями из почвы, являются нитратная и аммонийная.

Нами исследовался баланс азота с применением ¹⁵N на поверхностно-подзолистой элювиально-глееватой почве под овсом на зеленый корм. Испытывались различные формы азотных удобрений.

В результате исследований установлено, что самый высокий коэффициент использования азота овсом был у сульфата аммония – 28%. Из мочевины использовано растениями 16,7% азота, аммиачной селитры – 25,2 и аммиака водного – 23,4% (табл. 7).

**Баланс азота в тундровых почвах под растениями овса
в зависимости от видов азотных удобрений,
% от внесенного (среднее за 3 года)**

Вариант	Использовано растениями	Осталось в почве	Неучтенные потери
аммиачная селитра	25,2	5,5	69,3
сульфат аммония	28,0	11,0	61,0
мочевина	16,7	8,5	74,8
аммиак водный	23,4	13,5	63,1

Низкий коэффициент использования азота из мочевины, по мнению А.Д. Коренькова (1976), может быть связан с тем, что при низких температурах почвы и малом содержании органического вещества в почве возможно сохранение неразложившейся мочевины в течение длительного периода.

Удобрения с аммонийной формой азота усваиваются на холодных почвах лучше [4].

Внесение различных форм азотных удобрений оказывало влияние на иммобилизацию азота в почве. Самый низкий показатель получен при внесении аммиачной селитры – 5,5% от внесенного азота. При внесении аммиака водного закрепилось в почве 13,5% от внесенного. По литературным данным [4], закрепление азота из нитратных удобрений меньше, чем из аммонийных и амидных туков.

Потери азота удобрений на почвах Крайнего Севера из различных форм азотных удобрений были высокими и составили 61,0-74,8%. Самые высокие потери в наших исследованиях были при внесении мочевины 74,8%, самыми низкими при внесении аммония – 61,0%.

Высокие потери из мочевины скорее всего свидетельствуют о слабом развитии процесса нитрификации, низкой активности почвенной микрофлоры на холодных почвах, газообразных потерях преимущественно в виде аммиака, что отмечал в своих исследованиях В.Т. Мальцев (2001). Потери из аммиака водного и сульфата аммония были меньше, чем у мочевины на 11,7-13,8%. По данным Гамзикова Г.П. (1981), потери азота из сибирских почв происходят главным образом за счет денитрификации.

Основная часть закрепленного азота удобрений в почве обнаружена в корнеобитаемом слое – от 5,1 до 11,2% (табл. 8). Больше всего закрепилось азота в этом слое при внесении сульфата аммония и аммиака водного – 10,6-11,2% соответственно.

Таблица 8

Динамика распределения азота азотных удобрений по профилю почвы под овсом на зеленый корм, % от внесенного (среднее за 3 года)

Вариант	Горизонт, см					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
аммиачная селитра	4,1	1,0	0,2	0,1	0,1	5,5
сульфат аммония	9,4	1,2	0,1	0,2	0,1	11,0
мочевина	5,6	2,1	0,3	0,2	0,3	8,5
аммиак водный	9,9	1,3	1,6	0,2	0,5	13,5

Таким образом, в корнеобитаемом слое было 82,9-96,3% азота удобрений от всего обнаруженного в слое 0-100 см. Внесение мочевины и аммиака водного приводило к миграции азота в нижнем слое почвы (40-100) в большей степени, чем при внесении аммиачной селитры и сульфата аммония, здесь было обнаружено 9,5-17,1% против 3,7-6,3%.

Изотопный метод позволил определить долю участия азота удобрений и почвы в формировании биомассы овса на зеленый корм. При внесении аммиачной селитры азот удобрений в общем выносе составил 21,4%, азот почвы – 43,3% и экстра-азот – 35,3% (табл. 9).

Таблица 9

Использование азота удобрений овсом на зеленый корм из разных видов азотных удобрений (среднее за 3 года)

Вариант	Общий вынос азота, кг	Азот удобрений в общем выносе		Азот почвы в общем выносе		Экстра-азот	
		кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
РК – фон	30,5	–	–	30,5	100	–	–
фон + Naа	70,5	15,1	21,4	30,5	43,8	24,9	35,3
фон + Na	82,6	16,8	20,3	30,5	36,9	35,3	42,8
фон + Nм	71,4	10,0	14,0	30,5	42,7	30,9	43,3
фон + Nва	88,6	14,0	15,8	30,5	34,4	44,1	49,8

Внесение мочевины снижало до 14% в общем выносе содержание азота в растениях овса, азот почвы составлял в этом случае 42,7% и экстра-азот – 43,3%. При внесении сульфата аммония азота удобрений в растениях было усвоено 20,3, азот почвы – 36,9 и экстра-азот составил 42,8%.

Таким образом, изучение превращения различных форм азотных удобрений в почве с применением меченого азота показало, что на поверхностно-подзолистых элювиально-глееватых почвах закрепление азота колебалось от 5,5 до 13,5% от внесенного, а потери составляют 61,0-74,8%. Разная степень закрепления в почве азота удобрений и его потерь зависела от форм азотных удобрений, при внесении аммиачной селитры отмечалось наименьшее закрепление азота, а при внесении мочевины отмечены наибольшие ее потери (74,8%). Сульфат аммония и аммиак водный лучше закреплялись в почве (11,0-13,5%), здесь были наименьшие потери (61,0-63,1%).

Основная часть азота удобрений (53-75%) от обнаруженного в слое 0-100 см закрепились в корнеобитаемом слое почвы, внесение извести из расчета 0,5 г.к. увеличивает количество закрепленного азота в почве, основная часть потерь в условиях Крайнего Севера вероятнее всего происходит в газообразной форме.

Таким образом, установлен КИУ рапсом, с применением ¹⁵N составляет от 17,8% до 24,5%, неучтенные потери равны 68,0-73,8%, закрепились в почве 7,1-8,4%. На долю азота почвы в общем выносе приходится 39,0-42,9%, азота удобрений – 12,0-15,8%, экстра-азота – 45,1-46,3%.

Использование азота луговыми травостоями увеличивается на 2,9-3,8% при известковании 0,5 г.к. Усвоено естественным травостоем 5,1-11,5% азота, закрепились в дерново-пойменной почве 6,2-10,7%. Содержание почвенного азота в общем выносе было 35,6-66,9%. Наиболее высокий коэффициент использования азота овсом на зеленый корм был у сульфата аммония – 28%, мочевины – 16,7, аммиачной селитры – 25,2 и аммиака водного – 23,4%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 267 с.
2. Кореньков Д.А. Агрохимия азотных удобрений. М.: Наука, 1976. 208 с.

3. Смирнов П.Н. Вопросы агрохимии азота в использованиях с N¹⁵. М., 1977. 72 с.
4. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 283 с.

УДК 631.461 : 631.559

**О.Ф. Хамова, канд. биол. наук,
Н.Н. Шулико, канд. с.-х. наук,
Омский аграрный научный центр, Омск**

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ АССОЦИАТИВНОЙ АЗОТФИКСАЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ, РИЗОСФЕРУ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Резкое сокращение применения в сельском хозяйстве минеральных и органических удобрений, химических средств защиты растений вызвало необходимость поиска и применения дополнительных источников азотного питания растений, в частности – биопрепаратов комплексного действия на основе ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов.

В настоящее время на основе ассоциативных ризосферных микроорганизмов создана большая группа биопрепаратов (агрофил, ризоагрин, флавобактерин, в т.ч. Биовайс), усиливающих фиксацию азота в ризосфере корневой системы злаковых зерновых, а также кормовых, технических и других сельскохозяйственных культур.

Эффективность ассоциативной азотфиксации по сравнению с симбиотической не столь велика, однако у ассоциативных азотфиксаторов имеются важные свойства, позволяющие помочь растению в его росте и развитии. Диазотрофам свойственна высокая динамичность роста, способность поселяться в ризосфере и ризоплане культивируемых растений, вытесняя тем самым микроорганизмы, негативно влияющие на рост растений. Они способны фиксировать азот атмосферы, переводить соеди-

нения фосфора в усвояемые формы, продуцировать соединения, обладающие фунгицидными свойствами против фитопатогенных грибов, что положительно влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Предпосевная обработка семян ассоциативными diaзотрофными препаратами способствует получению такого же урожая зерна, как и внесение 20-60 кг/га азота минеральных удобрений. Эффективность инокуляции обусловлена большим количеством биологических и абиотических факторов: климатических, почвенных, агротехнических, свойств бактерий и растений [1-3].

В этой связи, при использовании биопрепаратов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур необходимо определить их действие на рост и развитие растений, величину урожая, размеры вовлечения дополнительного количества азота в агроценоз в зависимости от уровня плодородия почвы, погодных условий вегетационного периода.

Исследования проводились в полевых опытах ФГБНУ «СибНИИСХ» в 2014-2017 гг. с яровой мягкой пшеницей, сорт Омская 36. Почва – лугово-черноземная среднемощная среднегумусовая тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса 6,8%. Площадь делянки 25 м², повторность – четырёхкратная. Обеспеченность почвы азотом нитратов в слое 0-20 см низкая и очень низкая (3-5 мг/кг), содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – высокое. Перед посевом внесены азотные удобрения в дозе N₃₀. Для инокуляции семян пшеницы использовали биопрепараты ризоагрин (производство ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург, Пушкин) и Биовайс (производство ООО Планта Плюс, г. Томск).

В свежих почвенных образцах учитывали численность микроорганизмов путем высева на твердые питательные среды по общепринятым методам [4]. Азот нитратов определяли по Грандваль-Ляжу с дисульфифеноловой кислотой [5], токсичность почвы – по методике ВИУА (1991) [6].

Агротехника возделывания яровой мягкой пшеницы общепринятая для условий южной лесостепной зоны области.

Погодные условия лет исследований были в основном благоприятными для возделывания зерновых. В 2015-2016 гг. ГТК

за май-август равнялся 1,08-1,09. Засушливым был вегетационный период 2014 г. и 2017 г. Количество осадков составляло 135 мм, или 68% от нормы, ГТК был равен 0,68 и 0,70 соответственно. Хотя в 2017 г. гидротермический коэффициент был низким – 0,7 ед., однако благоприятным было распределение осадков в течение вегетационного периода, что положительно повлияло на урожайность зерновых культур.

В среднем за 2014-2016 гг. исследований в вариантах с инокуляцией семян биовайсом и ризоагрином можно отметить тенденцию к увеличению общей численности микроорганизмов на 12-16%, суммарной биологической активности – на 9-12% относительно контроля. При этом на 16-22% в ризосфере увеличилось количество нитрификаторов и других агрономически важных групп микроорганизмов (табл. 1).

Таблица 1

Биологическая активность почвы ризосферы пшеницы в зависимости от применения биопрепаратов, 2014-2016 гг.

Вариант	Бактерии, растущие на МПА, млн КОЕ/г	Микро-организмы, растущие на КАА, млн КОЕ/г	Олигонитрофилы, млн КОЕ/г	Мобилизующие фосфаты, млн КОЕ/г	Нитрификаторы, тыс. КОЕ/г	Грибы, тыс. КОЕ/г	Суммарная биолог. активность, %
КОНТРОЛЬ	40,1	32,4	138,2	116,1	1,413	89,0	100,0
биовайс	44,5	40,3	163,1	134,3	1,643	110,4	112,2
ризоагрин	42,1	35,8	141,8	165,1	1,720	72,7	109,1

В этой связи в вариантах опыта с применением биопрепаратов отмечено более высокое содержание азота нитратов в фазу кущения пшеницы, в 2016 г. – в 2,2 раза в сравнении с контролем (табл. 2).

Таблица 2

Содержание азота нитратов в ризосфере пшеницы (мг/кг) при инокуляции семян и обработке посевов биовайсом, 2016 г.

Вариант	Кущение	Колошение	Налив зерна
контроль	3,0	0,3	0,3
инокуляция	6,6	0,5	0,3
инокуляция + обработка в кущение	10,9	0,1	0,2
инокуляция + обработки в кущение + выход в трубку	-	0,9	0,2
инокуляция + обработки по всходам + кущение + выход в трубку	-	2,2	1,6

Токсикоз почв обусловлен в значительной мере накоплением токсических веществ, образуемых микроорганизмами, принадлежащими к различным систематическим группам. Токсические свойства почв проявляются в подавлении роста растений и микроорганизмов.

Токсичность почвенной вытяжки вариантов опыта определялась с помощью биотеста по проращиванию редиса. Обычно берутся мелкие семена с небольшим запасом питательных веществ и более подверженные влиянию внешней среды. Токсичной считается вытяжка из почвы, вызывающая угнетение развития проростков и корней не менее чем на 20% [6]. При возделывании пшеницы и обработке биовайсом не только семян, но и растений, по отношению к контролю (чистой воде) общая токсичность почвы не была обнаружена. Биологическая токсичность почвы, когда длина проростков редиса опытных вариантов сравнивалась с почвенным контролем, также отсутствовала (табл. 3).

Снижение длины корешка тест-культуры в контрольном варианте в фазу кущения на 19% связано с влиянием предшественника, поскольку пшеница возделывалась четвертой культурой после пара. По данным ВНИИСХМ (1984), токсические продукты разложения органических остатков аккумулируются в почве при трехлетнем бессменном выращивании пшеницы [7]. Инокуляция семян пшеницы способствовала улучшению экологической ситуации в ризосфере, что отразилось на длине корешков тест-культуры.

Таблица 3

**Токсичность лугово-черноземной почвы
под посевом пшеницы при применении биопрепарата
биовайс (ризосфера), 2016 г.**

Вариант	Кущение		Колошение		Налив зерна	
	длина корешка, см					
	см	% к контролю	см	% к контролю	см	% к контролю
чистая вода	4,69	-	4,69	-	4,69	-
контроль	3,79	-19	5,62	20	6,29	34
инокуляция	6,20	32	5,44	16	7,01	49
инокуляция + обработка в кущение	6,86	46	6,21	32	7,41	58
инокуляция + обработка в кущение + выход в трубку	5,35	14	4,34	-7	8,41	79
инокуляция + обработка по всходам, кущение, выход в трубку	5,87	26	8,33	78	6,43	37

Критерием эффективного плодородия является урожайность возделываемой культуры.

В среднем за 2014-2017 гг. от применения инокуляции получено дополнительно к контролю 1,5-1,6 центнера зерна пшеницы с 1 га. При этом чистый доход от использования препаратов составил в среднем 639 руб./га, уровень рентабельности – 70% (табл. 4, 5).

Таблица 4

**Влияние биопрепаратов комплексного действия
на урожайность зерна яровой пшеницы (2014-2017 гг.), т/га**

Вариант	Повторения (годы)				Среднее	
	2014	2015	2016	2017	т/га	% к контролю
контроль	1,81	1,98	2,82	2,07	2,17	-
ризоагрин	2,10	1,88	3,02	2,29	2,32	6,9
биовайс	1,78	2,19	3,08	2,26	2,33	7,4
НСР ₀₅	0,24					

Таблица 5

**Экономическая эффективность применения биопрепаратов
Биовайс и ризоагрин, 2014-2017 гг.**

Вариант	Контроль	Биовайс	Ризоагрин
урожайность, т/га	2,17	2,32	2,33
общая прибавка, т/га	-	0,15	0,16
затраты на средства химизации (герб., удобр.), т/га	932,74	932,74	932,74
затраты на биопрепараты, руб.	-	37	44
затраты общие, руб.	6099,09	6136,09	6180,09
себестоимость 1 ц продукции, руб.	281,06	264,49	265,24
себестоимость дополн. продук- ции, руб.	-	396,73	424,38
цена реализации, руб.	4500,00	4500,00	4500,00
стоимость товарной продукции, руб.	9765,00	10440,00	10485,00
чистый доход, руб.	3665,91	4303,91	4304,91
уровень рентабельности, %	60,11	70,14	69,66

По результатам определения выноса общего азота растениями пшеницы было рассчитано количество азота, фиксированного культурой из атмосферы. В соответствии с классическим разностным методом из общего выноса азота растениями в «фиксирующем» варианте вычитался суммарный вынос азота из почвы на контрольном варианте, контролем был вариант без инокуляции семян [3].

При инокуляции семян пшеницы ризоагрином количество биологического азота за счет ассоциативной азотфиксации составляло 11-16 кг/га, биовайсом – 8-10 кг/га дополнительно к почвенному азоту, используемому растениями.

Таким образом, в засушливых условиях вегетационных периодов 2014 и 2017 гг. предпосевная обработка семян пшеницы биопрепаратами комплексного действия биовайс и ризоагрин повышала стрессоустойчивость растений к засухе, что оказало положительное влияние на численность микроорганизмов ризосферы, продуктивность культуры.

Применение биопрепаратов способствовало увеличению численности агрономически важных групп микроорганизмов:

нитрифицирующих бактерий, фосфатмобилизаторов, снижало численность почвенных грибов, а вместе с этим и вероятность заболеваний растений.

Прибавка урожайности пшеницы в среднем за годы исследований составила 1,5-1,6 ц/га, или 7-9% к контролю. Чистый доход при применении биопрепаратов увеличился на 639 руб./га, уровень рентабельности составил 69-70% при 60% на контроле.

Токсичности почвы ризосферы при использовании биопрепаратов не обнаружено.

Потребление азота атмосферы растениями пшеницы составило в среднем за 2014-2016 гг. при инокуляции семян пшеницы ризоагрином 11-16 кг/га, биовайсом – 8-10 кг/га.

Проведенные исследования показали положительное влияние бактеризации семян на биологические и агрохимические свойства почвы ризосферы пшеницы. В этой связи при резком сокращении применения в сельском хозяйстве минеральных и органических удобрений в качестве дополнительного источника азотного питания растений, химических средств защиты растений для снижения фитопатогенной инфекции возможно применение биопрепаратов комплексного действия на основе ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов, в том числе для зерновых культур – биовайса и ризоагрина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: ВНИИА, 2005. 302 с.
2. Гамзиков Г.П. Состояние и перспективы исследований в длительных стационарных опытах с удобрениями в Сибири // Длительное применение удобрений. Агрохимические агрономические и экологические аспекты. V Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения, посвящ. 145-летию со дня рождения Д.Н. Прянишникова: мат-лы межд. науч.-практ. конф. Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2011. С. 32-45.
3. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / под общ. ред. А.А. Завалина. М.: РАСХН, 2000. 82 с.
4. Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и улучшения их свойств: методические рекомендации // Всесоюзный НИИ с.-х. микробиологии. Л., 1982. 51 с.
5. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655 с.
6. Минеев В.Г. Определение суммарной токсичности почвы, корневой системы и конечной продукции при применении химических средств

защиты растений; методика и результаты / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе, Л.П. Воронина [и др.] // Вестн. с.х. науки. 1991. №6 (417). С. 63-71.

7. Биологические основы плодородия почвы / О.А. Берестецкий, Ю.М. Возняковская, Л.М. Доросинский [и др.]. М.: Колос, 1984. 287 с.

УДК 631.871(571.51)

Е.И. ВОЛОШИН, д-р с.-х. наук,

В.К. ИВЧЕНКО, д-р с.-х. наук,

В.В. КЕЛЕР, канд. с.-х. наук

Красноярский ГАУ, Красноярск

РЕСУРСЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА УДОБРЕНИЕ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Важнейшей задачей сельскохозяйственного производства является повышение продуктивности регионального земледелия. Увеличение продуктивности сельскохозяйственных угодий невозможно без сохранения и повышения плодородия почв. По данным агрохимической службы [1-3], в пахотных почвах Красноярского края происходит уменьшение содержания гумуса, подвижных форм макро- и микроэлементов. Вносимые дозы минеральных (25,0-28,0 кг/га) и органических (0,9-1,0 т/га) удобрений не компенсируют выноса питательных веществ с урожаями сельскохозяйственных культур. Земледелие Красноярского края проводится с отрицательным балансом гумуса и питательных веществ. В связи с сокращением в регионе поголовья животных и уменьшением производства и применения навоза возникает необходимость в эффективном использовании растительных остатков всех сельскохозяйственных культур в качестве органических удобрений. Биологизация земледелия позволит стабилизировать плодородие почв, компенсирует дефицитный баланс питательных веществ в растениеводстве, повысит продуктивность культур и улучшит экологическую ситуацию в агроценозах.

Цель исследований – оценка ресурсов растительных остатков сельскохозяйственных культур на удобрение в разных природных зонах Красноярского края.

При расчете баланса растительных остатков использовали статистические данные по урожайности сельскохозяйственных культур за 2015-2016 гг. Для расчета ресурсов растительных остатков и их перерасчета в подстилочный навоз КРС использовали справочные данные [4] и результаты собственных исследований.

Сельскохозяйственное производство в южной части края сосредоточено в Ачинско-Боготольской, Канской, Красноярской, Минусинской, Назаровской, Чулымо-Енисейской лесостепных и прилегающей к ним подтаежной зонах. В структуре почвенного покрова пашни преобладают черноземы – 61,8% от обследованной площади, серые лесные занимают 20%, дерново-подзолистые – 5,4%, дерново-карбонатные – 5,5%, луговые и пойменные – 6,4% [5]. Содержание гумуса в 0-20 см слое почв колеблется от 5,0 до 8,1%, реакция среды – 4,8-6,1, нитратного азота – 6,5-0,5 мг/кг, подвижного фосфора – 100-184 мг/кг, обменного калия – 105-147 мг/кг. Разнообразие природных условий в регионе оказывает влияние на плодородие почв, эффективность удобрений и урожайность культур.

В настоящее время в крае возделывается более 20 различных сельскохозяйственных культур. Урожайность этих культур в разных природных зонах края была неодинаковой и зависела от плодородия почв, обеспеченности их подвижными формами элементов питания, погодных условий, сортовых особенностей, технологии выращивания и уровня применения удобрений. В среднем по краю урожайность зерновых составила 22 ц/га, гороха и гречихи – 14,9, проса – 13,6, подсолнечника – 17,6, кормовых корнеплодов – 287, кукурузы на силос – 188, картофеля – 172, сена многолетних и однолетних трав 15-17 ц/га. Наиболее высокие показатели урожайности всех возделываемых культур отмечаются на черноземах выщелоченных и обыкновенных Назаровской и Чулымо-Енисейской лесостепных зон. В этих зонах урожайность всех культур в 1,5-2,0 раза была выше в сравнении с подтаежной. Среди лесостепных зон края более

низкие урожаи культур наблюдаются на легких по гранулометрическому составу почвах Минусинской лесостепи.

В региональных условиях поступление растительных остатков сельскохозяйственных культур в почву зависело от их урожайности и использования в животноводстве. Во всех природных зонах больше всего побочной продукции, поверхностных и корневых остатков поступает в почву при выращивании зерновых, овощных культур, кормовых корнеплодов и незначительное количество – после уборки урожая кукурузы на силос, многолетних и однолетних трав. Среди разных природных зон края наибольшее среднее количество растительных остатков (6,71 т/га) поступает в почву в Назаровской лесостепной зоне и меньше всего (4,45 т/га) – в подтаежной. В других лесостепных зонах края поступающая в почву биомасса растений варьировала от 4,85 до 5,32 т/га.

С послеуборочными растительными остатками в почву поступает от 5,45 до 9,80 т/га органических удобрений в пересчете на подстилочный навоз КРС. Больше всего навоза с растительными остатками поступает в почву в Назаровской лесостепной зоне и небольшое количество – в подтаежной. В среднем в земледельческой части края при запахивании всех ресурсов растительных остатков в почву вносится в эквивалентном количестве 7,28 т/га навоза КРС.

Растительные остатки в почве под действием микрофлоры подвергаются гумификации и минерализации с одновременным высвобождением питательных веществ. Увеличение содержания органического вещества в почве связано с характером поступления, распределения и разложения растительных остатков. Роль культур в накоплении гумуса в почвах определяется структурой севооборота. По данным Минеева [6], ежегодное восполнение гумуса в почвах за счет растительных остатков составляет 0,4-0,6 т/га для зерновых и 0,2-0,3 – для пропашных культур. В условиях края ежегодное пополнение почв гумусом после гумификации растительных остатков в разных природных зонах края составляет от 0,71 до 1,34 т/га. Больше всего гумуса в пахотные почвы поступает в Назаровской и Чулымо-Енисейской лесостепных зонах.

Растительные остатки содержат большое количество питательных веществ, доступных для растений. Количество поступающих в почву питательных элементов с растительными остатками зависит от типов севооборотов, урожайности культур и агротехники. В подтаежной и лесостепной зонах края с растительными остатками в почву поступает 27-49 кг/га азота, 13,6-24,5 кг фосфора и 37-58 кг калия. Наибольшее количество макроэлементов (132,3 кг/га) вносится в почву в Назаровской лесостепи и пониженное (73,5 кг/га) – в подтаежной. В среднем по краю с растительными остатками в почву возвращается 36 кг/га азота, 18 кг фосфора и 44 кг калия. Компенсация выноса за счет внесения в почву растительных остатков по природным зонам края колеблется для азота 48-73%, фосфора – 29-38% и калия – 64-70%.

Таким образом, рациональное использование растительных остатков сельскохозяйственных культур способствует в регионе стабилизации плодородия почв, снижению дефицита баланса питательных веществ в земледелии и улучшит экологическую ситуацию в агроценозах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдюкова Т.В., Хруцкий С.А. Состояние плодородия почв пашни Восточной зоны Красноярского края // Земледелие. 2017. №1. С. 25-29.
2. Алхименко Р.В. Мониторинг состояния пахотных почв в Западном и Центральном территориальных округах Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С.11-14.
3. Сергеев А.П., Липатникова Т.Я., Горяева Е.В. Состояние плодородия пахотных почв Южной зоны Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. №4. С. 17-21.
4. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании / отв. ред. Л.Л. Шишов. М., 1984. 96 с.
5. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края. Красноярск: КрасГУ, 2002. 332 с.
6. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. М.: Агропромиздат, 1990. 286 с.

В.И. ТИТОВА, д-р с.-х. наук, профессор,
В.М. ГОРДЕЕВ, аспирант
Нижегородская ГСХА, г. Нижний Новгород

**ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ
В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ФАКЕЛЬНОГО ГОРЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

Земли сельскохозяйственного назначения, по которым проложены магистральные газопроводы, находятся в потенциально опасной зоне, что в полной мере проявляется в ходе аварийной разгерметизации трубы. Температура горения в эпицентре взрыва при этом достигает 1500-1700 °С, а радиус термического воздействия от горящего газа составляет несколько километров. Естественно, что почвы в зоне такого влияния резко изменяют свои характеристики. Есть публикации о том, что вследствие пирогазения происходит резкое снижение содержания органического вещества [1-5] и подщелачивание или нейтрализация среды [6, 7], а также некоторое повышение содержания подвижных соединений фосфора и калия [1, 2].

Цель работы состояла в изучении влияния высокотемпературного горения природного газа в результате аварийной разгерметизации трубы на магистральном трубопроводе на содержание тяжелых металлов (ТМ) и основные агрохимические показатели темно-серой лесной почвы.

Объект исследования – участок земель сельхозназначения, подвергшийся пирогазению в августе 2017 года. При полевом обследовании участка выявлены две зоны с разным уровнем воздействия: зона в эпицентре взрыва с коркой на поверхности, имеющей темно-серый, почти черный цвет, стеклянный блеск и пористую структуру, площадью около 3 га; зона основного воздействия – поверхность почвы вспучена и выглядит как глинистый нанос, цвет буро-коричневый, площадь порядка 15 га.

Отбор проб проведен в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического,

бактериологического, гельминтологического анализа». Этот стандарт предназначен для контроля общего и локального загрязнения почв в районах воздействия промышленных, сельскохозяйственных, хозяйственно-бытовых и транспортных источников загрязнения при оценке качественного состояния почв естественного и нарушенного сложения, а также при контроле состояния плодородного слоя, предназначенного для землевания малопродуктивных угодий.

Анализы почвенных проб выполнены в лабораториях кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА на сертифицированном оборудовании с использованием методов, рекомендованных ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова [8]. При оценке полученных значений использовали градации, принятые в агрохимической практике.

Результаты анализа почвенных проб на основные агрохимические показатели (содержание органического вещества, рН солевой вытяжки, содержание подвижных соединений фосфора и калия) приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика почвы,
подвергшейся пирогенезу**

Показатели	рН _{kcl}		Гумус, %		P ₂ O ₅ , мг/кг		K ₂ O, мг/кг	
	факт	+,- *	факт	+,- *	факт	+,- *	факт	+,- *
фон	5,50	-	6,41	-	149	-	194	-
эпицентр	8,09	2,59	1,46	- 4,95	398	249	393	199
зона воздействия	7,13	1,63	4,74	- 1,67	262	113	201	7

* - разница с фоном

Отмечено резкое снижение кислотности почвы – до перехода реакции среды в слабощелочную область, что, вероятнее всего, связано с разложением почвенных карбонатов под действием высокой температуры. При этом непосредственно в зоне взрыва, где температура достигает 1700 °С, это влияние проявляется наиболее сильно (47% к рН среды на фоновом участке), несколько снижаясь при движении от центра взрыва (до 30% к фоновому значению).

Содержание гумуса снижается очень сильно (в эпицентре взрыва – на 77% к фону, в зоне воздействия – на 26% к фону), что вполне объяснимо процессами горения органического вещества. Вместе с тем нельзя не отметить, что в зоне термического воздействия содержание органического вещества еще достаточно высокое и соответствует значению, рекомендуемому агрохимической службой области для таких почв в качестве оптимальной величины.

Содержание подвижных соединений фосфора и калия в почве зон, затронутых аварийной ситуацией на магистральном газопроводе, возрастает значительно. Причины подобного связаны в том числе с реакциями дегидратации монтмориллонита и других почвенных минералов.

В целом агрохимическая характеристика темно-серой лесной почвы в зоне термического воздействия от взрыва на газопроводе вполне благоприятна для ведения сельского хозяйства, хотя есть некоторое снижение органического вещества. В то же время в эпицентре взрыва отмечено резкое снижение плодородия за счет сильного выгорания органического вещества.

В отобранных образцах было определено содержание тяжелых металлов (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в почве, подвергшейся пирогенезу

Показатели	Валовое содержание			Подвижные формы		
	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn
фон	9,08	7,65	18,70	0,82	0,09	1,03
эпицентр	11,05	8,92	28,91	1,52	0,50	3,87
зона воздействия	9,07	7,23	20,71	1,06	0,12	1,64
норматив	≤ 130	≤ 132	≤ 220	≤ 6,0	≤ 3,0	≤ 23,0

Содержание тяжелых металлов не превышает допустимых норм ни по валовым формам, ни по их подвижным соединениям. Однако в зоне техногенного воздействия оно все-таки повышается по всем определяемым металлам. Более того, повышается и доля подвижных соединений ТМ в общей массе валово-

вых форм: по свинцу – с 9,0% на фоне до 12%, по меди – с 1,2% до 1,7%, а по цинку – с 5,5% до 7,9% соответственно.

Причем относительное содержание подвижных ТМ от вала на территории, подвергшейся термическому воздействию, увеличилось не только в сравнении с фоном, но и в сравнении с данными, отражающими усредненное нормативное содержание металлов в почве. Так, среднее доленое присутствие подвижных соединений ТМ от валового их содержания по свинцу равно 4,6%, по меди – 2,3%, по цинку – 10,5%, а в эпицентре техногенного воздействия оно существенно увеличивается: по свинцу – до 14%, меди – до 5,6%, а по цинку – до 13,4%.

Выводы.

1. Валовое содержание тяжелых металлов под влиянием высокотемпературного горения в эпицентре взрыва природного газа увеличивается на 16-55% в сравнении с данными по фону, не выходя за пределы предельно допустимого содержания.

2. Содержание подвижных соединений свинца, меди и цинка, а также их подвижность (доля от валового содержания) в пирогенной почве в сравнении с исходной (фоновой) почвой повышается в 2-3 раза, но остается много ниже предельного значения.

3. Плодородие почвы, подвергшейся пирогенезу, судя по обеспеченности органическим веществом (гумусом), резко снизилось. При этом содержание подвижных соединений фосфора и калия значительно возросло, а обменная кислотность (судя по показателю рН солевой вытяжки) существенно снизилась.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбунова Ю.С., Девятова Т.А., Григорьевская А.Я. Влияние пожаров на почвенный и растительный покров лесов центра Русской равнины // Вестник ВГУ. Сер. А. Химия. Биология. Фармация. 2014, №4. С. 52-56.
2. Голощапова Ю.Ю., Калинин Н.А. Влияние пожара на органическое вещество темно-серых лесных почв // Омский научный вестник. 2012. №1(108). С. 217-220.
3. Шапченкова О.А., Краснощеков Ю.Н., Лоскутов С.Р. Использование методов термического анализа для оценки органического вещества почв, пройденных пожарами // Почвоведение. 2011. №6. С. 738-747.
4. Бадмажапова И.А., Гынинова А.Б., Гончиков Б.Н. Изменение химических свойств осушенных торфяных почв под влиянием огневого фактора // Вестник КрасГАУ. 2014. №5. С. 50-55.

5. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М., Брянин С.В. Влияние лесных пожаров на гумусово-энергетическое состояние буроземов Приамурья // Вестник КрасГАУ. 2012. №5. С. 121-124.
6. Влияние лесных пожаров на свойства подзолистых почв (на примере Ханты-Мансийского автономного округа) / Л.М. Бурлакова, Г.Г. Морковкин, Ю.С. Ананьева // Лесной вестник. 2002. №2. С. 66-70.
7. Горбунова Ю.С. Трансформация состава и свойств почв лесостепи под влиянием лесных пожаров: автореф. дисс. ... канд. биол. наук, 2013. 24 с.
8. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. М.: ВНИИА, 2003. 195 с.

УДК 633.13:631.862.1:631.82(470.53)

Н.М. Мудрых, канд. с.-х. наук
Пермский ГАГУ им. Д.Н. Прянишникова, Пермь
В.Р. Ямалтдинова, канд. с.-х. наук,
А.И. Косолапова, д-р с.-х. наук
ПФИЦ УрО РАН, Пермь
М. Хамурджу, д-р биол. наук
Университет Сельчук, Конья

ОТКЛИК ОВСА НА ОРГАНИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Овес является как продовольственной, так и основной фуражной культурой в России. Лидерами по производству овса в России являются Алтайский край, Новосибирская область и Красноярский край, где сосредоточены основные площади соответственно 395,1, 210,3 и 163,3 тыс. га. Валовый сбор в этих регионах составляет соответственно 640,1, 355,4 и 333,1 тыс. т. В Пермском крае производство зерна этой культуры в последние годы увеличивается, с 2015 года посевные площади под овсом к 2017 году увеличились втрое (55 тыс. га), а урожайность – в 1,2 раза (17,6 ц/га). По урожайности в 2017 году среди всех регионов России Пермский край занял 48 место [1-3]. Практически весь производимый овес в крае является фуражным, это

связано с низким качеством получаемого зерна и отсутствием перерабатывающих предприятий. Согласно многочисленным исследованиям, важным фактором регулирования продуктивности и качества сельскохозяйственных культур и, в частности, овса является применение удобрений [4-7].

Д.Н. Прянишников справедливо отмечал: «Задачей агрохимии является изучение круговорота веществ в земледелии и выявлении тех мер воздействия на химические процессы, протекающие в почве и растениях, которые могут повышать урожай или изменять его состав. Главным способом вмешательства в этот круговорот является применение удобрений. Освоить в колхозах и совхозах применение правильной системы органических и минеральных удобрений..., осуществление этого представляет собой первоочередную задачу...» [8].

Цель наших исследований – оценить отклик овса сорта Стайер на применение органических и минеральных удобрений. Изучение влияния удобрений на овсе проводили в длительном стационарном полевом опыте, заложенном на базе опытного поля ПФИЦ УрО РАН. Схема опыта: 1. контроль, 2 – органические удобрения (навоз 80 т/га), минеральная система (НРК экв. 80 т/га навоза); 3 – органо-минеральная система (навоз 40 т/га + НРК экв. 40 т/га навоза), 4 – органо-минеральная система (навоз 80 т/га + НРК экв. 80 т/га навоза), 5 – органо-минеральная система (навоз 120 т/га + НРК экв. 120 т/га навоза). В опыте использовали подстилочный навоз КРС, аммиачную селитру, простой суперфосфат и хлористый калий. Органические удобрения вносили в чистом пару и под картофель, минеральные – согласно схеме опыта под все культуры севооборота [9]. Повторность в опыте 4-х кратная, расположение делянок систематическое. Площадь опытной делянки – 120 м², учётной – 88 м². На начало ротации севооборота в почве опыта низкое содержание гумуса, среднекислая реакция среды, среднее содержание подвижного фосфора и повышенное - калия. Урожайность учтена в шестой ротации. Количество макроэлементов в зерне овса определено атомно-эмиссионным методом. Математическую обработку данных проводили дисперсионным методом.

Все применяемые в опыте удобрения оказали положительное влияние на урожайность овса (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность овса

Варианты	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
1	1,46		
2	1,59	0,13	8,7
3	1,70	0,24	16,6
4	1,59	0,13	8,9
5	1,83	0,37	25,5
6	2,07	0,61	41,9

Примечание: 1 – контроль, 2 – органические удобрения (навоз 80 т/га), минеральная система (NPK экв. 80 т/га навоза); 3 – органо-минеральная система (навоз 40 т/га + NPK экв. 40 т/га навоза), 4 – органо-минеральная система (навоз 80 т/га + NPK экв. 80 т/га навоза), 5 – органо-минеральная система (навоз 120 т/га + NPK экв. 120 т/га навоза)

Полуторные дозы органических и минеральных удобрений обеспечили максимальную урожайность овса и математически доказуемую прибавку относительно 1, 2 и 4 вариантов. В других вариантах опыта в сравнении с контролем отмечена лишь тенденция к увеличению продуктивности овса (0,13-0,37 т/га).

Анализ зерна позволил определить изменения его элементного состава под действием удобрений. В таблице 2 приведены данные по содержанию макроэлементов в зерне овса.

Таблица 2

Содержание макроэлементов в зерне овса, мкг/г

Варианты	Фосфор	Калий	Магний	Марганец	Железо	Кальций	Сера
1	3123,4	4560,8	1481,0	48,6	76,1	1698,0	1104,7
2	3451,8	5115,9	1510,4	42,1	69,4	1672,6	1233,9
3	3437,9	4929,2	1581,8	58,2	73,8	1812,2	1256,6
4	3549,0	5292,9	1537,0	46,6	71,8	1841,7	1209,1
5	3331,3	5171,2	1374,59	46,2	63,6	1651,0	1248,2
6	3132,0	5071,4	1391,1	43,9	69,1	1679,0	1186,7
НСР ₀₅	187,1	314,2	70,7	5,5	Fф < Fт	87,2	46,8

Одностороннее применение органических и минеральных удобрения оказало положительное влияние на содержание фос-

фора в зерне, увеличение составило соответственно 314,5 и 328,4 мкг/г. Совместное применение удобрений в половинных дозах обеспечило максимальное содержание фосфора в зерне.

Увеличение вносимых доз удобрений привело к уменьшению изучаемого показателя до 3331,3 мкг/г, а максимальные дозы удобрений привели к снижению содержания фосфора в зерне до контрольного варианта. Содержание калия в зерне под действием удобрений увеличилось на 368,3-732,1 мкг/г. Количественные изменения в содержании калия по вариантам опыта были аналогичны фосфорным. Максимальное содержание магния в зерне отмечено в варианте с применением одних минеральных удобрений. Совместное применение органических и минеральных удобрений привело к уменьшению концентрации магния на 89,9-106,5 мкг/г. Применение минеральных удобрений оказало положительное влияние на содержание марганца в зерне овса, увеличение составило 9,5 мкг/г (при $НСР_{05} = 5,5$ мкг/г). Органические удобрения и совместное их внесение с минеральными уменьшили содержание марганца по сравнению с контролем на 2,1-6,5 мкг/г. Содержание железа в зерне овса под действием изучаемых в опыте удобрений не изменилось. Положительное влияние на содержание кальция в зерне оказало применение одних минеральных удобрений и сочетание органических и минеральных удобрений в половинных дозах, увеличение составило соответственно 114,2 и 143,7 мкг/г. В остальных вариантах опыта математически доказуемых изменений в содержании кальция не было. Применяемые удобрения не однозначно повлияли на содержание серы в зерне овса. Максимальное содержание серы отмечено в 3 варианте, минимальное – в варианте с полуторными дозами органических и минеральных удобрений.

Таким образом, наиболее эффективной системой удобрения при возделывании овса сорта Стайер в севообороте было совместное применение органических и минеральных удобрений в полуторных дозах. Применяемые удобрения оказали неоднозначное влияние на содержание макроэлементов в зерне. Наиболее высокую питательную ценность зерна овса получили в варианте с половинными дозами органических и минеральных удобрений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мировой атлас данных. Российская Федерация [Электронный ресурс] – точка доступа: <https://knoema.ru/atlas/Российская-Федерация> (дата обращения 20.05.2018).
2. Статистический ежегодник Пермского края. 2017: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю (Пермьстат). Пермь, 2017. С. 203-214.
3. Пермский край в цифрах. 2018: Краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. Пермь, 2018. С. 97-98.
4. Эффективность систем удобрения в севообороте при возделывании овса на зерно / В.Б. Коренев, И.Н. Белоус, Г.Л. Яговенко [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2015. №9 (139). С. 13-18.
5. Урожайность и качество зерна овса при возделывании в севообороте и длительном применении органических и минеральных удобрений / А.В. Козлова, Г.Е. Мерзлая, Г.А. Зябкина // Плодородие. 2014. № 1 (76). С. 10-12.
6. Сычев В.Г., Милащенко Н.З., Шафран С.А. Агрохимические аспекты получения высококачественного зерна в России // Плодородие. 2018. № 1. С. 18-19.
7. Абашев В.Д., Носкова Е.Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна овса // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1 (21). С. 42-47.
8. Академик Д.Н. Прянишников. Избранные сочинения / под. ред. О.К. Кедрова-Зихмана. Т. 1. М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1952. С. 40-54.
9. Ямалтдинова В.Р., Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Влияние систем удобрений на урожайность культур полевого севооборота и содержание гумуса в дерново-подзолистой почве // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (37). С. 21-25.

УДК 633.2.03:631.559(571.150)

В.А. ПЕТРУК, д-р с.-х. наук
Новосибирский ГАУ, Новосибирск

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ СЕНОКОСОВ И ПАСТБИЩ СТЕПНОЙ ЗОНЫ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Природные кормовые угодья кроме обеспечения животноводства кормами играют важнейшую роль в повышении продуктивности и устойчивости сельского хозяйства, рациональном природопользовании. Естественные пастбища являются одним из

основных компонентов биосферы, выполняют важнейшие продукционные, стабилизирующие и природоохранные функции в агроландшафтах, способствуют сохранению и накоплению органического вещества в биосфере [1-3].

К настоящему времени площадь естественных кормовых угодий Западной Сибири превышает площадь пашни. Однако с этих угодий заготавливают не более 30% кормов [4]. Ежегодное сокращение площади пашни и увеличение доли естественных кормовых угодий предполагает проведение неотложных работ по их улучшению. Следует отметить, что удельный вес затрат на корма при пастбищном содержании снижается в 2 раза. При этом затраты на ГСМ снижаются в 6-7 раз, общие затраты на производимые корма в 2-3 раза. Улучшаются обменные процессы и воспроизводимые функции животных [5-8].

В Западной Сибири культурные долголетние пастбища должны создаваться на природных лугах и пастбищах. Отсутствие элементарных мер ухода, бессистемная пастьба скота на естественных пастбищах привела к резкому снижению урожайности трав. Изменился ботанический состав трав в сторону уменьшения злаковых и бобовых и увеличения малосъедобного разнотравья.

Недостаток кормов вынуждает хозяйства непомерно расширять посевы на зелёную подкормку в полевых севооборотах за счёт сокращения площадей под зерновыми и парами, что удорожает себестоимость животноводческой продукции. Следовательно, вопрос об улучшении естественных пастбищ очень актуален. Работы по изучению приёмов улучшения, создания долголетних культурных пастбищ на территории Западной Сибири, в том числе и Новосибирской области, не проводили более 30 лет. В этой связи нами был заложен опыт по изучению приёмов улучшения естественных пастбищ в степной зоне. Цель исследований – изучение влияния органических и минеральных удобрений на повышение продуктивности естественных пастбищ.

Методика исследований. Объектом исследований является естественное пастбище южной степи Кулунды без обработки и на фоне разных видов удобрений. Опыт заложен в мае 2011 г. и повторен в 2012 г. на естественных пастбищах в ЗАО «Новомайское» Краснозёрского района Новосибирской области. Рас-

тельность участка – злаково-разнотравная: овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), овсяница валисская (*Festuca valesiaca* Gand.), пырей ползучий (*Elitrigia repens* L.), кострец безостый (*Brotopsis inermis* Leyss.), полынь эстрагон (*Artemisia dracuncululus* L.), зопник клубненосный (*Flomis tuberosa* L.), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia* L.), икотник серо-зелёный (*Berteroa incana* L.). Из бобовых трав иногда встречается чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.).

Методика исследований общепринятая [9]. Размещение контрольных и опытных делянок систематическое. Площадь делянки 300 м². В первые 2 года наблюдений проводили сенокосение, в последующем – выпас крупного рогатого скота. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по общепринятой методике [10]. Химический анализ растительной массы – в ИЦ Межфакультетской научной лаборатории НГАУ.

Результаты исследований. Разные погодные условия в годы наблюдений сказались на продуктивности травостоя. Так, в 2011 г. вегетационный период был тёплым, достаточно влажным. Вегетационный период 2012 г. был засушливым и жарким. В 2013 г. летний период дождливый, обеспеченность теплом – на уровне среднемноголетних показателей, лето 2014 г. было жарким и засушливым. Лето 2015 г. было засушливым, в 2016 г. июль, июнь были влажными, август, сентябрь – сухими. В тёплые и влажные годы урожайность естественного травостоя была выше, в засушливые вегетационные периоды – ниже.

Структура травостоя является важным показателем, объясняющими урожайность трав. Поэтому важно проанализировать такие показатели травостоя, как густота стеблестоя и высота растений естественного травостоя под влиянием минеральных и органических удобрений. Изучение показало, что органические удобрения способствуют увеличению плотности травостоя. Так, густота стеблестоя трав без удобрений составила 85 шт./м², на фоне органических удобрений – 103 шт./м² (табл. 1).

Существенное увеличение плотности травостоя отмечено и на фоне органических удобрений в сочетании с минеральными. На высоту травостоя злаковых трав также существенное значение оказали только органические и органические удобрения с минеральными.

Таблица 1

**Структурные показатели естественного травостоя
при разных удобрениях (среднее по закладкам 2011 и 2012 г.)**

№ п/п	Вариант	Густота стеблелестоя, шт./м ²	Высота растений, см
1.	Без удобрений (контроль)	85	37
2.	(NP) ₆₀ K ₁₀₀	86	44
3.	Органические удобрения	103	46
4.	Органические удобрения + (NP) ₆₀ K ₁₀₀	97	48
	НСР ₀₅	18,51	8,64

Интересно проследить временные изменения в составе травосмеси под влиянием удобрений. Так, в 2011 г. и на следующий год травостой состоял из естественного разнотравья – 99-100% (рис. 1). Следовательно, первые 2 года влияния удобрений не наблюдалось. К шестому году наблюдений (2016 г.) в травостое нарастает масса злаковых трав, появляются бобовые. На фоне минеральных и органических удобрений доля злаковых нарастает на 60-80%. В то же время снижается количество разнотравья, следовательно, травостой становится более качественным в кормовом плане.

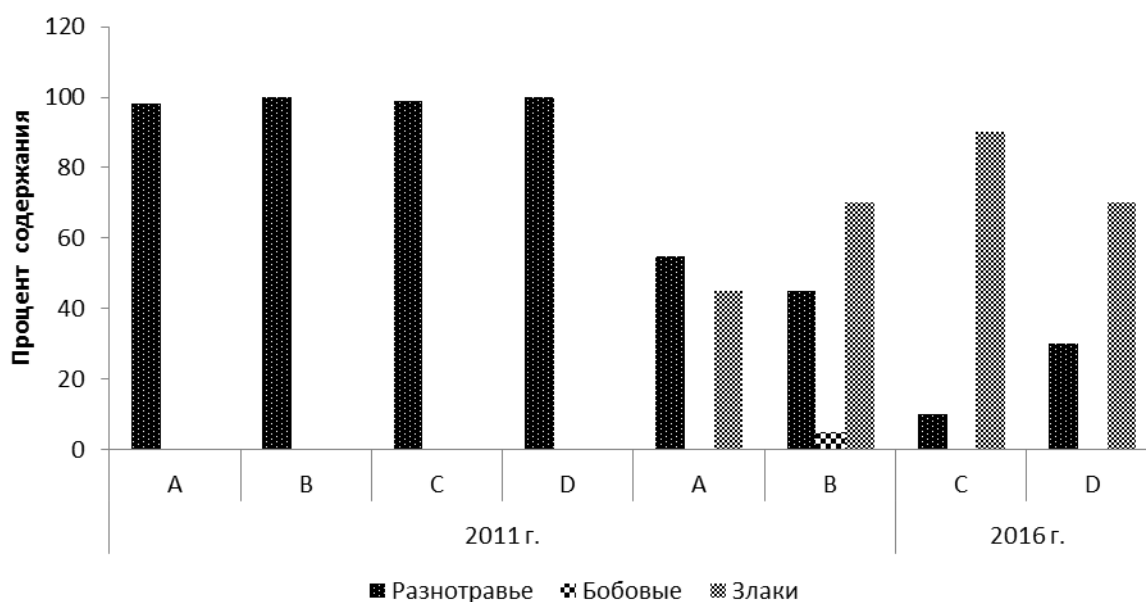


Рис. 1. Содержание компонентов в травосмеси:
 А – без удобрений, В – минеральные удобрения, С - органические удобрения, D – органические и минеральные удобрения

Особенно сказались влияние разных видов удобрений на урожайность трав. Повышение урожайности изучаемых видов удобрений достоверно по сравнению с контролем. Наиболее высокая урожайность отмечена именно при совместном внесении органических и минеральных удобрений – 1,5 т/га абсолютно сухого вещества или 0,9 т/га кормовых единиц и, соответственно, энергетической прибавки – 12,0 Гдж (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивность естественных многолетних трав под влиянием органических и минеральных удобрений, т/га

№ п/п	Вариант	Сухое вещество	Кормовые единицы	ГДж
1	Без удобрений (контроль)	0,7	0,4	5,4
2	(NP) ₆₀ K ₁₀₀	0,9	0,6	7,3
3	Органические удобрения	1,1	0,7	8,6
4	Органические удобрения + (NP) ₆₀ K ₁₀₀	1,6	0,9	12,0
	НСР ₀₅	0,19		

При внесении органических удобрений улучшается поглощательная способность и буферность почв, тем самым создаются лучшие условия для применения минеральных удобрений [11]. Питательные вещества навоза используются растением постепенно, а при определённых условиях даже лучше, чем элементы питания из минеральных удобрений. Поэтому органические удобрения значительно эффективнее минеральных. Высокая продуктивность питательных веществ навоза обуславливается наличием в его составе всех необходимых растениям макро- и микроэлементов. Известно, что выделяемый навозом углекислый газ способствует повышению интенсивности фотосинтеза растений, созданию дополнительного органического вещества надземной массы многолетних трав [12]. Особенно эффективны органические удобрения при их совместном внесении с минеральными [13, 14]. Применение навоза на естественных сенокосах и пастбищах при минимальных затратах, кроме повышения кормовой продуктивности

многолетних трав, способствуя его утилизации, улучшает экологическую обстановку в агроландшафтах.

Заключение. Органические и минеральные удобрения положительно влияют на структурные показатели травостоя, состав и урожайность естественных луговых трав. Органические удобрения оказывают наибольшее положительное влияние на плотность и высоту травостоя. К шестому году наблюдений состав травостоя претерпел наибольшие изменения. На удобренных вариантах доминирующее положение занимали злаки, тогда как в первый год наблюдений доминировало разнотравье. По-видимому, улучшенный режим питания стимулирует развитие злаковых трав с преобладанием костреца безостого. Наиболее высокая урожайность естественного травостоя отмечена на варианте с органическими и минеральными удобрениями.

Библиографический список

1. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Кормопроизводство в экономике сельского хозяйства // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. №1. С. 31-32.
2. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. География продуктивности кормовых угодий по природным зонам Российской Федерации // География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов: к 100-летию профессора Базилевич. Материалы конф. (Пушино, Московская область, 19-22 апреля 2010 г.); в 2-х ч. М.: Институт географии РАН, 2010. С. 154-156.
3. Косолапов В.М. [и др.]. Управление агроландшафтами для повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных земель России // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. №2. С. 32-35.
4. Кашеваров Н.И., Вязовский В.А. Проблема белка в кормопроизводстве Западной Сибири, пути её решения // Достижения науки и техники АПК. 2010. №11. С.42- 45.
5. Трофимов И.А. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в России // Кормопроизводство. 2010. № 8. С. 6-8.
6. Кутузова А.А. Перспективы развития луговодства // Кормопроизводство. 2007. №5. С. 12-15.
7. Кутузова А.А. Технология консервации пашни в кормовые угодья в Нечерноземной зоне // Земледелие. 2009. № 6. С. 15-17.
8. Шахмедов И.Ш., Янов В.И., Овадыкова Ж.В. Поверхностное и коренное улучшение пастбищ // Кормопроизводство. 2008. № 3. С. 12-13.
9. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. Ч. 1-2. М.: ВНИИ кормов, 1971. 404 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.
11. Артюшин А.М., Державин Л.М. Краткий справочник по удобрениям. М.: Колос, 1984. 208 с.
12. Артюшин А.М. [и др.] Удобрения в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1991. 223 с.
13. Евтефеев Ю.В., Казанцев Г.М. Основы агрономии: учебное пособие. Барнаул: АГАУ, 2006. 376 с.
14. Кореньков Д.А. [и др.] Удобрения, их свойства и способы использования. М.: Колос, 1982. 415 с.

УДК 631.8

**Н.К. ГУСЕВА, канд. с.-х. наук,
Н.А. ВАСИЛЬЕВА, ст. науч. сотрудник,
А.В. ЧИРИПОВ, мл. науч. сотрудник**
Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОБЛЕПИХУ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ БУРЯТИИ

Известно, что облепиха хорошо растет и плодоносит на плодородных почвах с нейтральной реакцией среды. Для возделывания облепихи на бедных питательными веществами почвах республики необходимо внесение органических и минеральных удобрений. Если почва при закладке сада была хорошо заправлена органическими удобрениями, необходимо внесение их только через 3-4 года. Исследования Г.П. Гамзикова и Гомбын Баяраа [1] на светло-каштановой почве сухой степи Монголии показали не только высокую эффективность удобрений, вносимых под облепиху, но и существенное положительное влияние на плодородие почвы.

Наши опыты свидетельствуют о том, под влиянием перегноя в почве снижается кислотность, заметно повышаются общие запасы гумуса, азота, фосфора и калия. На бедных питательными элементами почвах дозу органических удобрений

желательно увеличивать до 100 т на 1 га. Плодородие почвы находится в прямой связи с содержанием в ней гумуса. Положительный баланс гумуса достигается при совместном внесении навоза и удобрений.

Облепиха является культурой, отзывчивой на минеральные удобрения. Систематические подкормки минеральными удобрениями следует проводить с третьего года после посадки облепихи. Азотные удобрения (аммиачная селитра, мочевины, сульфат аммония) вносят в первой половине лета, в фазу начала роста побегов в дозе 90 кг д.в. на 1 га, или 20-30 г аммиачной селитры на 1 м² площади. Удобрения рассыпают под растениями облепихи ровным слоем, обязательно после выпадения осадков или обильного полива. Азотные удобрения хорошо растворимы, и с поливной водой они проникают в почву и к началу роста побегов оказываются в зоне активной части корневой системы.

В фазу начала плодоношения облепиху можно подкармливать фосфорными и калийными удобрениями из расчета: 180 г д.в. на 1 га фосфорных (суперфосфат, фосфоритная мука, двойной суперфосфат), 40-50 г на 1 м² площади; калийных удобрений (калийная соль, хлористый калий, сульфат калия) – 90 кг д.в. на 1 га. В любительских садах – 15-20 г калийных удобрений или 100 г древесной золы на 1 м² площади.

Почва опытного участка светло-каштановая глубинно-холодная мучнисто-карбонатная супесчаная с небольшой мощностью гумусового слоя (18-25 см). Гумусовый пахотный горизонт темно-серого цвета, комковатой структуры с содержанием гумуса 1-2%, общего азота – 0,1-0,2%, нитратного азота – 0,2-0,7 мг, подвижных фосфатов – 0,2-0,3 мг, обменного калия – 2-11 мг на 100 г почвы, что свидетельствует о недостаточной обеспеченности почвы основными элементами питания [1].

Наибольшее количество элементов питания находится в пахотном слое, с глубиной их содержание убывает.

Подпахотный слой светло-серый с буроватым оттенком, комковато-призматической структуры, заканчивается на глубине 25 см, ниже идет слой гумусовых затеков, окраска неоднородная с обильными выцветами карбонатов (бурное вскипание от 10% HCl в слое 38-45 см), материнская порода светло-

палевого цвета, супесь, сильно каменистая, встречаются пятна карбонатов.

Водно-физические свойства почвы удовлетворительные. Объемный вес составляет $1,3-1,2 \text{ г/см}^3$, скважность 42-46%. По профилю почвы максимальная гигроскопичность изменяется от 2,5 до 3%. Более низкая максимальная гигроскопичность в верхнем горизонте, где слой – рыхлая супесь.

Влажность завядания по горизонтам колеблется, максимальная ВЗ наблюдается в верхней части горизонта, 4% к общему весу почвы. По гранулометрическому составу почва участка имеет невысокую связность, хорошо аэрируема и быстро прогревается весной. Почва бесструктурна, мало содержит гумуса, плохо удерживает влагу, которая просачивается в нижние слои, вынося из корнеобитаемого слоя легко растворимые соединения элементов питания. При таком сочетании водно-физических свойств засушливость весеннего периода проявляется особенно резко. Влага от летних дождей быстро просачивается в толщу почвы и уходит за пределы корнеобитаемого слоя. При малом суммарном количестве осадков продуктивность подобных почв считается крайне неустойчивой, поэтому нуждается в обязательном орошении.

По механическому составу в почве частиц больше 3 мм имеется 8,8%, что указывает на среднюю каменистость. Частицы размером 1...0,25 мм составляют 28% – песок средний; размером 0,25...0,05 – 48,3% – песок мелкий, ила содержится 1%, мелкой и средней пыли – 3,6%, пыли крупной – 10,3%. Такая почва по механическому составу крупно-пылеватая, песчаная, что связано с физическим процессом разрушения породы в условиях ежегодного промерзания и оттаивания почвогрунтов.

Легкий механический состав и слабая гумусированность почв обусловили неблагоприятные водно-физические свойства и низкую влажность почвы. Образование каштановых почв в Бурятии происходит в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения. Разреженная низкорослая растительность сухих степей дает небольшой ежегодный спад. Разложение растительных остатков происходит при менее благоприятных условиях, чем в черноземных почвах, что приводит к наименьшему скоплению гумуса.

Недостаточное увлажнение приводит к незначительному промыванию почв, в результате чего из корнеобитаемого слоя вымываются только легкорастворимые соли, а карбонаты кальция и магния перемещаются вниз по профилю, что приводит к развитию солонцеватости каштановых почв.

В почвенных разрезах по горизонтам определена кислотность. Гидролитическая кислотность почвы участка средняя – 3,9-4,2 мг/экв на 100 г почвы. Актуальная кислотность почвенного раствора рН – 6,9-8,0. Поглощающий комплекс почв насыщен кальцием и магнием, сумма которых составляет 18-20,5 мг/экв на 100 г почвы. Емкость поглощения невысокая, она вполне коррелирует с количеством гумуса.

Содержание основных элементов питания в почве изучалось в динамике. Низкие температуры весной подавляли активность микробиологических процессов в почве, и в это время облепиха была мало обеспечена азотом.

В фазу интенсивного роста побегов наблюдалось увеличение нитратов в почве, в контроле – незначительно, а по удобренному фону – в 2 раза больше по сравнению с весной. К концу вегетации содержание нитратов в почве снижалось, достигая весеннего уровня.

Внесение минеральных удобрений оказывает влияние на обеспеченность облепихи доступным азотом. Так, уже на 2-й год после внесения удобрений, особенно в вариантах с двойной дозой азота, отмечено увеличение нитратов в 3-4 раза. Повышенное содержание доступного азота в почве (0,56-1,40 мг/100 г) отмечалось в течение всех лет наблюдений. А увеличение содержания N-NO₃ по сравнению с исходным происходило 4 года, затем шло снижение во всех вариантах опыта.

Усиление процессов нитрификации в почве способствовало мобилизации фосфора. Изучение содержания в почве подвижных фосфатов в динамике показало, что в неудобренном варианте в течение вегетационного периода находилось от 0,9 до 2,2 мг подвижного фосфора на 100 г почвы. Наибольшее количество фосфора отмечено при двойной дозе фосфора. В более засушливые годы повышение подвижного фосфора составляло 5,0-5,5 мг/100 г почвы. Через 5-6 лет после внесения минеральных удобрений отмечалось снижение его содержания в почве,

т.е. сроки последствия – 4-5 лет. В динамике подвижный фосфор ведет себя так же, как азот.

Такие же результаты получены по калию. Колебания в содержании обменного калия отмечены не только в течение вегетационного периода, но и по годам и зависят от условий влажности. В более влажные годы (1976-1978) содержание в почве обменного калия находилось в пределах оптимальной обеспеченности для каштановых почв республики, 10-16 мг/100 г. В засушливые 1979-1981 гг. его содержание в почве было невысокое – 6,6-12 мг. Продолжительность действия калийных удобрений – 4-5 лет. Между вариантами отмечена существенная разница в содержании подвижных форм калия. Наименьшая существенная разность составляет 1,25 мг, ошибка опыта – 3,8%.

Внесение калийных удобрений в благоприятные годы увеличило содержание обменного калия при дозе 90 кг: на 1 га – на 4-5 мг, при дозах 180 кг – в 2 раза.

Облепиха в естественных условиях растет по берегам рек и в местах, затопляемых паводковыми водами, может переносить лишь кратковременную засуху.

Е.И Пантелеева рекомендует на легких песчаных почвах под облепихой содержать влажность близкой к 60-70% ПВ. Такая влажность должна поддерживаться поливами на протяжении всего периода вегетации.

В наших опытах из-за ежегодной засухи влажность почвы не всегда оказывалась в пределах оптимальной. 2013-2017 годы оказались исключительно засушливыми. Очень мало осадков выпало в мае, июне, и даже в июле, среднемесячная температура воздуха в вегетационный период (май-сентябрь) была выше средней многолетней на 3-5°C.

Поглощение элементов питания растениями в основном зависит от влажности почвы. Бедные питательными веществами почвы республики нуждаются в обязательном улучшении плодородия почвы, дополнительном питании растений путем подкормок минеральными удобрениями, но применение минеральных удобрений лимитируется недостаточной влагообеспеченностью почв. Поэтому выращивание облепихи с применением удобрений возможно только в условиях искусственного полива.

По мнению некоторых ученых [5], удобрения способствуют более экономному расходованию влаги. Работая с ягодными культурами, они установили, что на создание центнера продукции расходуется меньше воды по сравнению с неудобренным фоном. Это подтверждается и в наших опытах с облепихой. Растения по удобренному фону лучше обеспечены влагой. Влажность почвы при внесении двойных доз фосфора и калия во влажные годы была выше контроля на 20-30 мм, во влажные годы была выше контроля на 20-30 мм, в засушливые годы – на 30-40 мм, чем в неудобренном варианте.

Рост надземной части и корневой системы. Известно, что при хорошем питании деревья растут быстрее, образуют большое количество скелетных и обрастающих ветвей, скорее и обильнее начинают давать урожай. Поэтому в наших опытах большое внимание было уделено учету роста надземной части и корневой системы при внесении удобрений. Более мощное развитие надземной части облепихи в опыте отмечено по удобренному фону. Высота девятилетних растений облепихи в вариантах с двойной дозой фосфора и азота достигала 2,05-2,10 м.

Минеральные удобрения оказали положительное влияние на утолщение штамба облепихи. К концу опыта в варианте $N_{90}P_{180}K_{90}$ диаметр штамба на 0,8 см был больше, чем на контроле. Близкие результаты получены и в производственном опыте.

Внесение минеральных удобрений положительно повлияло на величину годичного прироста побегов. Средняя сумма годичного прироста в 1978, 1979, 1980 годах при внесении $N_{180}P_{90}K_{90}$ и $N_{90}P_{180}K_{90}$ превышала прирост в варианте без удобрений на 20-30%.

Регулирование условий питания с помощью минеральных удобрений повлияло на длину одного побега. Более интенсивный рост побегов облепихи наблюдался в первые 3-4 года после посадки, и в варианте $N_{90}P_{180}K_{90}$ длина побега превышала длину побега в контроле на 4-7 см.

Многие исследователи считают, что обеспеченность элементами питания растений хорошо диагностируется на листьях, обладающих большой чувствительностью к внешним условиям. Отмечается, что химический анализ листьев позволяет вы-

явить потребность растений в удобрении [5,6] и получить точную характеристику доступности питательных веществ почвы. Тем не менее, В.К. Моисеенко [7] утверждает, что прямую зависимость между вносимыми удобрениями и содержанием элементов питания в листьях установить сложно.

В наших опытах двойные дозы азота и фосфора увеличивают содержание азота и фосфора в листьях в два раза, калия – в 1,6 раза.

В целом содержание элементов (азот, фосфор) в листьях невысокое, так как анализ листьев проводили к осени после окончания роста побегов и, видимо, к концу вегетации происходит отток питательных веществ из листьев в другие органы.

Немаловажным фактором, определяющим рост и продуктивность растений, является площадь листовой поверхности. Величина листовой поверхности зависит от количества листьев на дереве и площади листовой пластинки. Величина листовой пластинки может меняться под влиянием различных условий питания дерева.

На облепихе в наших опытах получена существенная разница по площади листовой поверхности в удобренном и неудобренном вариантах. В контрольном варианте площадь листовой поверхности составляет 7,7 тыс. м² на 1 га, в удобренном варианте (N₉₀P₁₈₀K₉₀) – 8,4 м² на 1 га. Определение фотосинтетического потенциала облепихи проводили на двух вариантах: контроль и N₉₀P₁₈₀K₉₀. В начале появления завязей окольцевали веточки, оставляя на два плодика 1 лист. В период полной зрелости плодов вырезали побеги с початками, определяли площадь листьев, массу плодов. Фотосинтетический потенциал в варианте N₉₀P₁₈₀K₉₀ составил 124 м² дней на 1 кг урожая, на контроле 118 м² дней. Разница между ФП по вариантам невелика, хотя под влиянием удобрений отмечена тенденция к увеличению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арбаков К.А. и др. Облепиха в Бурятии. Улан-Удэ, 1998. 137 с.
2. Рыжков А.П., Маслюк О.Н. Изучение биологических особенностей облепихи в Омской области // Облепиха в культуре. Барнаул, 1970. С. 58-60.
3. Пантелеева Е.И. Облепиха крушиновая. Барнаул, 2006. 249 с.
4. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. М.: АН СССР, 1963. С. 285.

5. Церлинг В.В. Методы диагностики минерального питания растений // Вопросы методики опыта с удобрением плодовых и ягодных культур. Краснодар, 1967. С. 111-113.

6. Моисеенко В.К. Предпосадочное удобрение и использование питательных веществ молодыми деревьями яблони в условиях юго- западной лесостепи УССР: автореф. дис.... канд. с.-х. наук. Умань, 1970. 25 с.

УДК 631.8:631.862.1(470.53)

Н.М. МУДРЫХ, канд. с.-х. наук

Пермский ГАТУ им. Д.Н. Прянишникова, Пермь

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ В ПЕРМСКОМ КРАЕ: СОВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Принятая программа развития сельскохозяйственного производства (до 2020 г.) в России предусматривает развитие животноводства, кормовой базой для которого являются не только луга, пастбища, но и пашня, обеспечивающая животных сочными и концентрированными кормами. В настоящее время сельскохозяйственные предприятия вносят очень низкие дозы минеральных и органических удобрений, а поля, где почвы обладают низким плодородием, выводят из оборота [1-4]. Результатом такого хозяйствования является увеличение залежных земель (залежь некоторых полей превышает 5-10 лет), уменьшение кормовой базы для животных и низкий уровень урожайности сельскохозяйственных культур.

Д.Н. Прянишников (1936) описал следствие такого отношения к ведению сельского хозяйства: «...Все возрастающее сокращение площади лугов привело к недостатку кормов и уменьшению количества скота, а когда стало мало навоза, урожаи стали падать...». Он справедливо отмечал: «...В каждом отдельном случае подсчитать, сколько требуется навоза для обеспечения урожаев хлебов и технических культур... Но разрешение этого вопроса сильно зависит от того, получают ли, по

крайней мере, ведущие культуры, минеральные удобрения или нет» [5].

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю, продуктивность сельскохозяйственных культур за последние 10 лет уменьшилась в 1,1-1,4 раза [6, 7]. Основной причиной снижения урожайности культур является низкий уровень химизации. Минеральные удобрения в крае были внесены только на 30-38% площади пашни, органические – всего лишь 2-5% пашни. При этом насыщенность ими составляла соответственно 13,1-17,5 кг/га и 1,5-2,0 т/га.

Цель работы – оценить состояние и перспективы использования навоза в природно-сельскохозяйственных районах Пермского края.

Объекты и методы. Территория Пермского края по схеме природно-сельскохозяйственного районирования полностью расположена в бореальном поясе, где определены три природно-сельскохозяйственные зоны: среднетаежная, южно-таежная, лесостепная, в пределах которых выделены природно-сельскохозяйственные провинции, округа и 6 природно-сельскохозяйственных районов (табл. 1) [8]. Для оценки структуры сельскохозяйственных угодий и накопления органических удобрений в хозяйствах Пермского края были использованы данные из отчетов Министерства сельского хозяйства и продовольствия Пермского края [9].

Результаты и обсуждение. Степень освоения по природно-сельскохозяйственным районам на территории края различная (табл. 1).

Площадь сельскохозяйственных угодий в крае за 10 лет уменьшилась на 217,3 тыс. га, причем это уменьшение отмечено во всех районах. К отчетному году больше всего площадь сельскохозяйственных угодий уменьшилась в Западном южно-таежно-лесном районе (90,1 тыс. га), меньше – в Северном среднетаежном (1,7 тыс. га). Анализ состояния площадей сельскохозяйственных угодий позволяет выявить два ключевых момента: за отчетный период проводилось недостаточно мероприятий по повышению интенсивности использования земли и Северный среднетаежный район является больше лесным фондом Пермского края, чем аграрным.

Таблица 1

Площади сельскохозяйственных угодий, тыс. га

Природно-сельскохозяйственный район	Вид угодья								
	сельскохозяйственные угодья			пашня			сенокосы и пастбища		
	2007	2011	2017	2007	2011	2017	2007	2011	2017
1*	3,1	2,4	1,4	3,0	2,2	1,3	0,2	0,2	0,2
2	67,7	56,0	48,9	58,9	48,3	44,9	8,8	7,7	4,0
3	175,3	159,9	115,5	147,7	138,1	110,6	27,6	21,9	5,7
4	361,7	330,7	271,6	325,5	288,4	249,1	36,2	42,3	22,5
5	51,9	44,9	34,8	43,1	37,1	29,7	8,8	7,8	5,1
6	201,6	184,1	161,8	185,1	168,7	154,3	16,5	15,4	7,5

Примечание: 1 – Северный среднетаежный, 2 – Коми-Пермяцкий северо-западный южно-таежный лесной, 3 – Центрально-восточный южно-таежный лесной, 4 – Западный южно-таежно-лесной, 5 – Южный южно-лесной, 6 – Юго-восточный лесостепной

В структуре сельскохозяйственных угодий наибольшая площадь пашни сосредоточена в Западном южно-таежно-лесном (249,1 тыс. га), наименьшая – в Северном среднетаежном (1,3 тыс. га). Площади сельскохозяйственных угодий по сравнению с 2007 г. значительно уменьшились, однако, доля пашни в структуре угодий несколько увеличилась. Например, доля пашни в Центрально-восточном южно-таежном лесном районе в 2007 г. составила 84,3%, а к 2017 г. увеличилась до 95,8%. В Северном среднетаежном районе площадь сенокосов и пастбищ не изменилась, в остальных районах края их площадь уменьшилась более чем вдвое. В Центрально-восточном южно-таежном лесном районе уменьшение площади сенокосов и пастбищ было наибольшим и составило 22,8 тыс. га. Рассмотрев структуру сельскохозяйственных угодий Пермского края, установлено уменьшение всех категорий угодий сельскохозяйственного назначения. Можно предположить, что последствия такого изменения в площадях пашни, сенокосов и пастбищ приведут к уменьшению количества голов КРС, выхода органиче-

ских удобрений, их применения и снижению продуктивности пашни.

В таблице 2 представлено количество голов КРС и накопление органических удобрений по природно-сельскохозяйственным районам края.

Таблица 2

Насыщенность сельскохозяйственных угодий органическими удобрениями

Природно-сельскохозяйственный район	Поголовье КРС, гол.			Накопление ОУ, тыс. т			Насыщенность ОУ пашни, т/га		
	2007	2011	2017	2007	2011	2017	2007	2011	2017
1	320	267	105	1,84	1,53	0,60	0,62	0,70	0,48
2	15436	13690	12112	88,76	78,72	69,64	1,15	1,17	1,18
3	43634	39371	37908	250,90	226,38	217,97	1,82	1,97	1,94
4	74193	66205	67731	426,61	380,68	389,45	1,28	1,29	1,56
5	9567	8233	7858	55,01	47,34	45,18	1,27	1,29	1,64
6	49427	43924	41851	284,20	252,56	240,64	1,38	1,32	1,44

В отчетный период количество сельхозугодий в районах края, приходящихся на 1 голову КРС, составило 3,1-13,4 га (при норме 2 га). Это говорит о том, что сельскохозяйственные угодья в земледельческих районах используются только на 37-49%, в Северном среднетаежном районе – на 22 %. При таком развитии животноводства в Пермском крае и использовании отходов отрасли отмечается очень низкая насыщенность 1 га пашни органическими удобрениями, составляющая 0,48-1,94 т/га.

Оценка перспектив эффективного использования сельскохозяйственных угодий и органического удобрения представлены в таблице 3.

В результате анализа установлено, что в Северном среднетаежном районе количество голов КРС должно быть в 7 раз больше, чем есть в настоящее время. В остальных природно-сельскохозяйственных районах края поголовье может быть увеличено практически в 2 раза. При таком поголовье КРС насыщенность пашни органическими удобрениями составит 3,0-3,4 т/га.

Таблица 3

Расчёт оптимального поголовья КРС

Природно-сельскохозяйственный район	Поголовье КРС, гол.			Накопление ОУ, тыс. т			Насыщенность ОУ пашни, т/га		
	2007	2011	2017	2007	2011	2017	2007	2011	2017
1	1569	1189	705	9,02	6,83	4,05	3,1	3,1	3,2
2	33852	28002	24442	194,65	161,01	140,54	3,3	3,3	3,1
3	87639	79970	57724	503,92	459,83	331,91	3,4	3,3	3,0
4	180860	165361	135800	1039,94	950,83	780,85	3,2	3,3	3,1
5	25927	22426	17400	149,08	128,95	100,05	3,5	3,5	3,4
6	100796	92042	80895	579,58	529,24	465,14	3,1	3,1	3,0

Заключение. По результатам анализа состояния земельных ресурсов Пермского края выявлено уменьшение площадей сельскохозяйственного назначения во всех природно-сельскохозяйственных районах, которое приводит к уменьшению поголовья КРС, особенно это заметно в районах аграрного типа. Расчеты показали, что даже увеличение поголовья КРС до нормативных показателей не позволит краю обеспечить себя достаточным (для бездефицитного баланса гумуса) количеством органических удобрений, поэтому хозяйствам края для стабилизации почвенного плодородия и повышения урожайности культур необходимо изыскивать источники (в том числе альтернативные) органического вещества и питательных элементов. Перспектива дальнейшего развития хозяйствования при прежних условиях приведет к угрозе продовольственной безопасности края: в результате вывода сельскохозяйственных угодий из оборота сократится их площадь и особенно пашни; низкая культура земледелия на большей части пашни (62 и более %) спровоцирует деградацию почв; сокращение площадей в сочетании с низкой культурой земледелия приведет к перераспределению структуры посевных площадей в сторону уменьшения продовольственных и снижению их продуктивности.

В продолжение развития научных идей Д.Н. Прянишникова, пропагандирующего применение местных органических

удобрений и в особенности навоза, необходимо более подробно изучать местные резервы органического вещества для сохранения и повышения плодородия почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гамзиков Г.П. Современное состояние плодородия сибирских почв и перспективные агрохимические направления его сохранения // Прогноз состояния и научное обеспечение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Материалы XI Международного симпозиума НП «Содружество ученых агрохимиков и агроэкологов». М.: ВНИИА, 2017. С. 28-45.
2. Завьялова Н.Е., Волошин В.А., Казакова И.В. Использование потенциального долголетия многолетней бобовой культуры козлятника восточного для сохранения плодородия дерново-подзолистой почвы Предуралья // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 3. С. 31-34.
3. Kosolapova A., Yamaltdinova V., Mitrofanova E., Fomin D., Teterlev I. Yields of field crops and sod-podzolic soil fertility of West Ural depending on fertilizer system // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2016. Т. 22. № 3. С. 381-385.
4. Сычев В.Г. Удобрения и продовольственная безопасность // Состояние и динамика плодородия почв в связи с продуктивностью земледелия. Материалы IX Международного симпозиума НП «Содружество учёных агрохимиков и агроэкологов». М.: ВНИИА, 2017. С. 6-15.
5. Прянишников Д.Н. Избранные труды. М.: Наука, 1976. 591 с.
6. Статистический ежегодник Пермского края. 2014: Статистический сборник // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю (Пермьстат). Пермь, 2014. С. 242-250.
7. Статистический ежегодник Пермского края. 2017: Статистический сборник // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю (Пермьстат). Пермь, 2017. С. 203-214.
8. Самофалова И.А., Мудрых Н.М. Агроэкологическая оценка органического вещества в дерново-подзолистых почвах Пермского края. Пермь, 2015. 164 с.
9. Результаты деятельности сельскохозяйственных организаций по муниципальным районам Пермского края / Министерства сельского хозяйства и продовольствия Пермского края [Электронный ресурс] – точка доступа: <http://agro.permkrai.ru/analitika/rezultaty-deyatelnosti-selskokhozyaystvennykh-organizatsiy-po-munitsipalnym-rayonam-kraya/> (дата обращения 20.05.2018).

Л.Н. АНДРИЕНКО, канд. с.-х. наук
Омский ГАУ, г. Омск

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЁМНОЙ ПОЧВЕ

Почва как один из главных объектов загрязнения – сложная полидисперсная система. Она обладает обменно-катионной поглотительной способностью, буферностью, концентрацией солей, величиной рН почвенного раствора и другими показателями. Микроэлементы при попадании в почву вступают в физические сорбционные процессы, химические реакции с элементами почвенного раствора и в физико-химические обменные реакции почвенного поглощающего комплекса [1-6].

Интенсивное промышленное и сельскохозяйственное производство с использованием природных ресурсов вызывает существенные изменения естественных циклов большинства химических элементов, что в свою очередь изменяет направления и темпы миграции химических элементов и способствует их накоплению в природной среде. Последствия накопления химических элементов, а именно микроэлементов сверх научно обоснованного нормирования в почве и растениях представляют для здоровья человека существенную угрозу [7].

Существующие нормативные показатели уровня содержания микроэлементов в окружающей среде (ПДК, ОДК) определяют их количественный состав, не оказывающий отрицательного влияния на здоровье человека. Согласно данным ВОЗ в настоящее время в промышленности используется до 500 тыс. химических соединений и веществ, из которых более 40 тыс. являются вредными для здоровья человека и около 12 тыс. токсичными. При этом ПДК (предельно допустимые концентрации) установлены примерно для 1400 веществ, загрязняющих воду, для 1300 – загрязняющих атмосферный воздух, и только для 200, загрязняющих почву [8]. В России значения ПДК в почвах установлены только для 9 микроэлементов.

Каждый регион имеет свои особенности накопления и распределения микроэлементов в почвах. Уровень валового содержания микроэлементов в пахотных почвах Омской области невысок и не превышает 0,5 ПДК по каждому из исследуемых элементов [9-12].

Особый интерес представляет изучение содержания подвижной формы элемента, поскольку именно она является наиболее доступной для растения. Установлено, при антропогенном поступлении микроэлементов наблюдается их биогенная аккумуляция в верхнем пахотном слое почвы [13,14]. В связи с этим необходимо изучение интенсивности накопления микроэлементов в различных типах почв при использовании микроэлементов.

Цель исследований: выявить действие микроудобрений на содержание микроэлементов в почве на лугово-черноземной почве Западной Сибири.

Исследования проводили на опытном поле Омского государственного аграрного университета в 2000-2011 гг. на лугово-черноземной маломощной среднегумусовой тяжелосуглинистой почве. Объектами исследований являлись столовая свекла (сорт Бордо 237), морковь (сорт Шантенэ 2461), почва, микроэлементы (цинк, никель, кадмий).

Агрохимические показатели в верхнем 30-сантиметровом слое следующие: рН водной вытяжки 6,5-7,0; сумма поглощенных оснований – 31-38 мг-экв/100 г почвы; N-NO₃ – 0,77-3,4; P₂O₅ – 2,7-8,7; K₂O – 8,7-29,0 мг/100 г почвы (2%-ная уксусная кислота); содержание подвижных форм Zn – 2,31-3,38; Ni – 0,4-0,69; Cd – 0,041-0,083; Pb – 0,54-0,98; Cu – 0,27-0,39 мг/кг почвы (ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8).

В исследованиях изучено содержание валовых и подвижной форм микроэлементов до и после внесения кадмия, никеля, цинка в почву. В таблице 1 представлено содержание валовой и подвижной форм микроэлементов в лугово-черноземной почве (экстрагент – ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8).

Необходимо отметить, что внесение минеральных удобрений в дозе N₄₅P₉₀ в небольшой степени способствовало увеличению содержания валовых форм микроэлементов (Cd – на 44; Ni – 13,1; Zn – 24,4%), а также подвижной формы кадмия (на 78,4%) по сравнению с контролем.

Таблица 1

**Химический анализ лугово-черноземной почвы, слой 0-30 см
(в среднем за 2002-2003 гг.), мг/кг. Микрополевые опыты**

Вариант	Валовые кислоторастворимые			Подвижные формы		
	Zn	Cd	Ni	Zn	Cd	Ni
До внесения тяжелых ме- таллов	30,7	0,25	18,03	2,46	0,051	0,657
Фон (N ₄₅ P ₉₀)	38,2	0,36	20,4	1,87	0,091	0,53
Фон + Cd _{2,9}	40,4	0,79	22,4	1,65	0,310	0,62
Фон + Cd _{5,8}	38,5	2,08	20,0	2,26	1,115	0,58
Фон + Cd _{11,6}	40,0	5,25	21,1	1,93	2,090	0,65
Фон + Cd ₁₇	37,5	6,05	21,1	2,20	3,055	0,65
Фон + Ni _{5,4}	35,6	0,29	22,1	1,80	0,066	0,89
Фон + Ni _{12,6}	37,3	0,28	26,3	1,67	0,056	0,99
Фон + Ni ₂₃	37,5	0,28	29,8	1,91	0,033	1,61
Фон + Ni ₈₂	35,4	0,29	51,5	1,94	0,035	7,14
Фон + Zn _{41,4}	45,8	0,30	22,0	4,69	0,039	0,71
Фон + Zn _{47,8}	59,2	0,29	21,0	7,68	0,046	0,68
Фон + Zn _{82,8}	50,1	0,31	19,3	8,92	0,034	0,69
Фон + Zn ₁₆₆	70,0	0,33	20,3	16,20	0,034	0,80
ОДК/ПДК	22,0	2,0	80	23,0	-	4,0

Это связано с тем, что микроэлементы в минеральных удобрениях содержатся в качестве примесей. Поэтому сравнение изменения содержания подвижной формы элементов опытных вариантов целесообразно проводить с фоновым вариантом (табл. 2).

Внесение кадмия в дозах 2,9; 5,8; 11,6; 17 кг/га способствовало увеличению подвижного кадмия по сравнению с фоном в среднем на 240,7; 1125,3; 2196,7; 3257,1% соответственно. Зависимость между дозами применения кадмия (x кг/га) и содержанием его валовых (Cd₁, мг/кг) и подвижных (Cd₂, мг/кг) форм в почве выражена уравнениями регрессии (1, 2):

$$Cd_1 = 0,37x + 0,13; \quad r = 0,98 \quad (1)$$

$$Cd_2 = 0,18x - 0,02; \quad r = 0,99 \quad (2)$$

**Изменение содержания подвижной формы
микроэлементов в почве при внесении кадмия, никеля,
цинка (в среднем за 2002-2003 гг.)**

Вариант	Изменение содержания микроэлементов, % по сравнению с фоном		
	Zn	Cd	Ni
Фон (N ₄₅ P ₉₀)	100	100	100
Фон + Cd _{2.9}	-11,8	+240,7	+16,0
Фон + Cd _{5.8}	+20,9	+1125,3	+8,5
Фон + Cd _{11.6}	+2,9	+2196,7	+21,7
Фон + Cd ₁₇	+17,6	+3257,1	+21,7
Фон + Ni _{5.4}	-3,7	-28,0	+67,9
Фон + Ni _{12.6}	-10,7	-39,0	+86,8
Фон + Ni ₂₃	+1,9	-63,7	+202,8
Фон + Ni ₈₂	+3,5	-62,1	+1247,2
Фон + Zn _{41.4}	+150,5	-57,7	+33,0
Фон + Zn _{47.8}	+310,4	-50,0	+28,3
Фон + Zn _{82.8}	+376,7	-62,6	+30,2
Фон + Zn ₁₆₆	+766,3	-62,6	+50,9

Из уравнений 1-2 видно, что каждый килограмм поступившего кадмия в почву в среднем увеличивает содержание общего кадмия в почве на 0,37 и подвижного Cd на 0,18 мг/кг. Данный коэффициент интенсивности действия одного килограмма кадмия на содержание подвижного Cd в почве (слой 0-30 см) позволяет оптимизировать при необходимости применение данного элемента в почву в расчетных дозах при его низком содержании в почве.

Согласно данным [4], до 70% попадающего в почву кадмия связывается с почвенными химическими комплексами, доступными для усвоения растениями. Этим можно объяснить большое увеличение подвижного кадмия при его внесении в почву.

Применение никеля в дозах 5,4; 12,6; 23; 82 кг/га способствовало увеличению содержания подвижного никеля в среднем на 67,9; 86,8; 202,8; 1247,2% соответственно. Зависимость между дозами применения никеля (x, кг/га) и содержанием его валовых (Ni₁, мг/кг) и подвижных (Ni₂, мг/кг) форм в почве выражена уравнениями регрессии (3, 4):

$$Ni_1 = 0,38x + 20,73; r = 0,99 \quad (3)$$

$$Ni_2 = 0,08x - 0,2; r = 0,99 \quad (4)$$

Из уравнения 4 следует сделать вывод, что коэффициент интенсивности действия («в») единицы поступившего никеля в почву на содержание его в слое 0-30 см составляет 0,08 мг/кг. Данный норматив может быть использован при прогнозировании действия никеля на урожай корнеплодов, рассчитывая при необходимости рациональные дозы данного элемента с учетом его содержания в почве.

Следовательно, большая часть поступившего в почву никеля доступна растениям, однако [12] указывает на то, что никель при поступлении в почву образует довольно стабильные комплексные соединения с органическим веществом.

При внесении цинка в дозах 41,4; 47,8; 82,8; 166 кг/га увеличивается содержание подвижного цинка на 150,5; 310,4; 376,7; 766,3 % соответственно по сравнению с фоном. Зависимость между дозами применения цинка (x, кг/га) и содержанием его валовых (Zn_1 , мг/кг) и подвижных (Zn_2 , мг/кг) форм в почве выражена уравнениями регрессии (5, 6):

$$Zn_1 = 0,18x + 41,85; r = 0,91 \quad (5)$$

$$Zn_2 = 0,09x + 2,11; r = 0,97 \quad (6)$$

В связи с внесением $N_{45}P_{90}$ (фоновый вариант) подвижные формы Zn снижаются на 24% (табл. 1), что связано с фосфором и усиленным потреблением растениями цинка, а с поступлением данного элемента в почву величина подвижного Zn возрастает в слое 0-30 см на 150,3-766,3% по сравнению с фоновым вариантом. Каждый килограмм поступившего цинка в почву повышает его уровень на 0,09 мг/кг, что открывает возможности по почвенной диагностике прогнозировать действие цинка и рассчитывать необходимые дозы под овощные культуры.

На основе математических расчетов: $V = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$ нами были получены коэффициенты «в» интенсивности действия микроэлементов на химический состав почвы (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициент интенсивности действия “в” единицы поступившего элемента на химический состав почвы, мг/кг

Вариант	Коэффициент «в»
Фон + Cd	0,18
Фон + Ni	0,08
Фон + Zn	0,09

Так, при поступлении 1 кг/га кадмия, никеля, цинка содержание подвижных форм этих элементов увеличивается соответственно в среднем на 0,18; 0,08; 0,09 мг/кг (в среднем по вариантам) слоя почвы 0-30 см.

Установленные коэффициенты «в» интенсивности действия единицы поступивших в почву микроэлементов на содержание этих элементов в почве (мг/кг) позволяют произвести оценку концентрации их в лугово-черноземной почве и этим самым поступление в растение, пользуясь следующей формулой (7):

$$C \text{ мг/кг} = C_n + D \cdot v, \quad (7)$$

где C_n и C – содержание подвижного кадмия, никеля, цинка в почве до (C_n , мг/кг) и после (C , мг/кг) поступления элемента;

D – доза поступившего элемента в почву, кг/га;

v – коэффициент интенсивности действия единицы (1 кг/га) поступившего в почву элемента на содержание кадмия – 0,18; никеля – 0,08 и цинка – 0,090 мг/кг почвы.

Таблица 4

Прогнозирование содержания микроэлементов в почве мг/кг (среднее 2002-2003 гг.)

Доза внесения элемента, кг/га	Содержание мг/кг		Ошибка прогноза	
	фактическое	прогноз по формуле 21	мг/кг	%
кадмий				
2,9	0,310	0,59	0,11	6,7
5,8	1,115	1,11		
11,6	2,090	2,15		
17,0	3,055	3,13		
никель				
5,4	0,89	0,99	0,36	13,5

Доза внесе- ния элемен- та, кг/га	Содержание мг/кг		Ошибка прогноза	
	фактическое	прогноз по формуле 21	мг/кг	%
12,6	0,99	1,57		
23,0	1,61	2,40		
82,0	7,14	7,12		
ЦИНК				
41,4	4,69	6,41	0,92	9,8
47,8	7,68	7,00		
82,8	8,92	10,13		
166,0	16,20	17,62		

Примечание: в почве содержалось до посева культур, мг/кг Cd – 0,66; Ni – 0,56; Zn – 2,68.

Из данных таблицы 4 видно, что в среднем ошибка прогнозирования содержания кадмия, никеля и цинка в почве по формуле 7 за 2002-2003 годы исследований составила, соответственно, 6,7; 13,5 и 9,8 % по сравнению с фактическим уровнем содержания данных элементов в почве.

На основании установленных ориентировочных нормативов изменения содержания элементов в почве при внесении определенных доз в почву возникает возможность ориентировочно предсказать накопление микроэлементов в почве и этим самым предвидеть действие их на качество получаемой растениеводческой продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синдирева А.В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе почва-растение-животное: автореф. дис...докт. биол. наук. Тюмень, 2012. 32 с.
2. Азаренко Ю.А. Влияние процессов почвообразования на содержание и распределение микроэлементов в почвах лесостепной и степной зон Омской области // Вестник АГАУ. 2011. № 3(77). С. 26-31.
3. Азаренко Ю.А. Закономерности содержания и распределения микроэлементов (Mn, Cu, Zn, Co, Mo, B) в почвах лесостепной и степной зон Омского Прииртышья // Омский научный вестник. 2012. № 2(114). С. 218-223.
4. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I.A. Bobrenko, O.V. Shumakova, N.V. Goman, Y.I. Novikov, V.I. Popova, O.A. Blinov // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017. V. VIII, Is. 2(24). P. 426-436.

5. Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution / D.S. Nardin, I.A. Bobrenko, N.V. Goman, E.A. Vakalova, S.A. Nardina // *International Review of Management and Marketing*. 2016. 6(4). P. 772-778.
6. Агроэкологический мониторинг почв на правом берегу Иртыша лесостепной зоны Омской области / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт [и др.] // *Плодородие*. 2016. №3. С. 33-36.
7. Ермохин Ю.И., Бобренко И.А. Особенности накопления тяжелых металлов растениями сорго-суданкового гибрида при внесении минеральных удобрений // *Доклады РАСХН*. 2000. № 6. С. 33-34.
8. Шепелев В.В. Эколого-агрохимические аспекты длительного применения удобрений: лекция. Омск: ОмГАУ, 2000. 27 с.
9. Азаренко Ю.А., Рейнгард Я.Р. Содержание микроэлементов в почвах и почвенно-геохимическое районирование Омской области // *Омский научный вестник*. 2012. № 1(108). С. 188-192.
10. Агроэкологический мониторинг в Омской области: учеб. пособие / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, В.И. Попова [и др.]. Омск: ОмГАУ, 2016. 52 с.
11. Параметры плодородия пахотных почв земель сельскохозяйственного назначения Омской области: монография / И.А. Бобренко, Я.Р. Рейнгард, Ю.В. Аксенова [и др.]. Омск: Литера, 2016. 108 с.
12. Ермохин Ю.И. Диагностика минерального питания (Zn, Ni, Cd) корнеплодов на основе химического анализа почвы // *Омский научный вестник*. 2006. №7 (43). С. 147-149.
13. Болдышева Е.П. Оптимизация применения цинковых удобрений при возделывании озимой ржи в Западной Сибири // *Материалы II международной конференции «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса»*. Ставрополь, 2013. Т. 3. № 6. С. 36-39.
14. Склярова М.А. Влияние цинковых удобрений на содержание цинка в растениях кукурузы на лугово-черноземной почве Западной Сибири // *Сб. научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства*. 2014. Т. 2. № 7. С. 189-193.

А.В. КУРТОВА, аспирант

И.В. ГРЕХОВА, д-р биол. наук

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет

Северного Зауралья, Тюмень

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА РОСТОК НА МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Микроэлементы в растениях входят в состав многих ферментов, играющих роль катализаторов биохимических процессов. В составе картофеля обнаружено 29 элементов таблицы Менделеева [1]. Недостаток микроэлементов приводит к нарушению обмена веществ и физиологических процессов у растений, ухудшению их роста и развития. Их избыток оказывает токсическое воздействие, вызывая болезни и гибель растений, снижение урожайности и качества сельхозпродукции [2]. При избыточной и токсичной концентрации металл называют «тяжелым» [3]. Они могут накапливаться в почвах, растениях, в опасных концентрациях поступать по пищевым цепям в организм человека [4]. Гуминовые кислоты способны достаточно прочно связывать тяжелые металлы, снижая их поступление в растения [5].

Цель исследований – изучение влияния гуминового препарата на урожайность и качество клубней сортов картофеля, выращиваемых на загрязненной тяжелыми металлами почве.

Методика проведения исследований. Исследования проводились в 2014-2016 гг. на кафедре общей химии Государственного аграрного университета Северного Зауралья. В почве опытного участка содержание цинка и свинца превышало ПДК. Опытный участок расположен вблизи свалки бытовых отходов. В полевом опыте изучали влияние гуминового препарата Росток на урожайность и качество клубней картофеля разных групп спелости: раннеспелый сорт – Каменский; среднеранние сорта – Лина и Сафо.

Схема опыта:

1. Контроль (фон) предпосадочная обработка клубней водой, некорневая обработка растений инсектицидом;

2. Предпосадочная обработка клубней 0,002% раствором препарата Росток, некорневая обработка растений инсектицидом.

3. Предпосадочная обработка клубней водой, некорневая обработка растений баковой смесью (инсектицид+Росток 0,002%).

4. Предпосадочная обработка клубней 0,002% раствором препарата Росток, некорневая обработка растений баковой смесью (инсектицид+Росток 0,002%).

5. Предпосадочная обработка клубней – замачивание в воде и растворе препарата Росток в течение 30 минут. Некорневая обработка растений картофеля в фазу бутонизация–начало цветения инсектицидом Престиж Хамелеон против колорадского жука в дозе 1 мл/10 л. Расход рабочего раствора 300 л/га, доза препарата Росток 600 мл/га.

Площадь делянки 25 м², учетная 20 м², повторность 3-кратная, размещение делянок систематическое. Глубина заделки клубней 6-8 см, схема посадки 30×70 см. Учитывали общую и товарную (клубни поперечного диаметра более 30 мм) урожайность (Методика института картофельного хозяйства, 1996, ГОСТ Р51808-2001). В клубнях картофеля определяли содержание тяжелых металлов (кадмия, свинца, цинка, меди) по ГОСТ 13496.4-93.

Результаты исследований. Тяжелые металлы занимают одно из лидирующих мест среди загрязнителей окружающей среды. Наиболее токсичными и способными накапливаться в пищевых цепях признаны ртуть, свинец, кадмий, медь, ванадий, олово, цинк, молибден, кобальт, никель. Даже в малых количествах они способны вызывать иммунологические, онкологические и другие виды заболеваний. Большинство этих элементов относятся к группе микроэлементов, входят в состав ряда белковых комплексов (ферментов) или активизируют их деятельность; они необходимы живым организмам в очень небольших количествах.

По данным ряда исследований, картофель устойчив к действию цинка, свинца и кадмия, что подтверждается в нашем опыте. Несмотря на превышающее ПДК содержание в почве

цинка и свинца, содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля значительно ниже ПДК (табл. 1).

Таблица 1

Влияние препарата Росток на состав клубней (2014-2016 гг.)

Варианты обработок		Содержание, мг/кг АСВ				
клубни	растения	Cd	Pb	Zn	Cu	Сумма
сорт Каменский						
Вода	инсектицид	0,007	0,044	0,538	0,154	0,743
Росток	инсектицид	0,014	0,042	0,541	0,131	0,728
Вода	инсектицид+Росток	0,012	0,041	0,671	0,125	0,849
Росток	инсектицид+Росток	0,012	0,044	0,654	0,115	0,825
сорт Лина						
Вода	инсектицид	0,009	0,031	0,447	0,105	0,592
Росток	инсектицид	0,007	0,041	0,468	0,092	0,608
Вода	Инсектицид+Росток	0,009	0,039	0,465	0,076	0,589
Росток	инсектицид+Росток	0,006	0,050	0,448	0,114	0,618
сорт Сафо						
Вода	инсектицид	0,019	0,034	0,683	0,124	0,860
Росток	инсектицид	0,019	0,026	0,558	0,153	0,756
Вода	инсектицид+Росток	0,017	0,034	0,576	0,198	0,825
Росток	инсектицид+Росток	0,011	0,039	0,459	0,107	0,616
ПДК		0,03	0,50	10,0	5,0	

В среднем за три года предпосадочная обработка гуминовым препаратом Росток не влияла существенно на суммарное содержание четырех металлов в клубнях картофеля сортов Каменский и Лина. В клубнях сорта Сафо установлено снижение содержания тяжелых металлов на 12%. Некорневая обработка повышала содержание тяжелых металлов у сорта Каменский на 14%, у сорта Сафо снижала на 4%. При двукратной обработке гуминовым препаратом содержание кадмия выше контроля в клубнях картофеля раннеспелого сорта Каменский, ниже – у среднеспелых сортов Лина и Сафо. На содержание свинца в клубнях картофеля препарат не оказал существенного влияния. Все способы применения препарата Росток в клубнях картофеля сортов Каменский и Лина повышали содержание цинка на 25-49%, но снижали содержание меди на 25-28%. У сорта Сафо

обратная реакция: снижение содержания цинка на 33% и повышение меди на 60%.

Заключение. Содержание валового и подвижного цинка в почве картофельного участка под влиянием свалки бытовых отходов повысилось в 2016 г. по сравнению с 2014 г. в 1,4 и 8,2 раза и составило 0,9 и 1,4 ПДК соответственно. В среднем за три года превышения ПДК по содержанию тяжелых металлов (цинка, свинца, кадмия и меди) в клубнях картофеля не выявлено. Но в отдельные годы наблюдалось накопление кадмия в клубнях картофеля до 1,9 ПДК, несмотря на низкое содержание кадмия в почве. Предпосадочная обработка Ростком не влияла существенно на суммарное содержание четырех металлов в клубнях картофеля. Некорневая обработка растений Ростком снижала содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля, кроме раннеспелого сорта Каменский (повышение на 14%).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Роль микроэлементов в повышении продуктивности картофеля // tdpospelov.ru/index.php/articles/49-articles 2012/451-2012-05-29-17-26-54.
2. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1 (23). С. 182-192.
3. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск, 2001. 229 с.
4. Гаевая Е.В., Захарова Е.В., Скипин Л.Н Тяжелые металлы в продуктах питания юга Тюменской области: монография. Тюмень, 2013. 146 с.
5. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

УДК 631/635; 502/504; 911

И.А. ТРОФИМОВ, д-р геогр. наук,
Л.С. ТРОФИМОВА, канд. с.-х. наук,
Е.П. ЯКОВЛЕВА, ст. науч. сотр.
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», г. Лобня

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РОССИИ

Обширность территории России и большое разнообразие природно-климатических условий, ландшафтов, почв являются нашими важнейшими стратегическими ресурсами. Рациональное природопользование, умение наилучшим образом использовать это свое преимущество, управлять этими возобновляемыми ресурсами, управлять экосистемами, опираясь на их природные особенности, создавать и использовать ландшафтно-дифференцированные сорта и природоподобные технологии – необходимые условия создания сильного и устойчивого сельского хозяйства.

Мы гордимся и своей страной, и своими великими людьми, которые являются достоянием всего мира. Одним из них является Д.М. Прянишников. Учитывая своеобразие природных условий Сибири, в статьях, учебниках и книгах он рекомендовал лучшие севообороты и агротехнику выращивания, новые культуры и сорта, виды органических и минеральных удобрений. Придавая большое значение производству и использованию промышленных удобрений в сибирском земледелии, Д.Н. Прянишников обращал внимание на широкие возможности решения проблемы питания растений с помощью органических удобрений – навоза, торфа, сидератов, бобовых культур и др.

Россия, самая огромная северная страна в мире, является уникальным местом на планете для земледельческой деятельности. В России, несмотря на огромную территорию, основные

сельскохозяйственные регионы, особенно расположенные за Уралом, находятся в неблагоприятных климатических условиях. Поэтому любая сельскохозяйственная деятельность здесь сопряжена со значительным риском и большими затратами.

Вот и в этом году выйти в поля сибирякам мешают избыточная влажность и низкие температуры. В связи с неблагоприятными погодными условиями вводят режимы чрезвычайной ситуации в Новосибирской, Омской области, Алтайском крае. В некоторых районах за май выпало до двух-трех месячных норм осадков. Ситуация критическая и с погодой, и с ценами на топливо. В результате местным аграриям приходится менять свои планы, в том числе увеличивать клин кормовых культур. В условиях этого года более востребованы сорта раннего и среднего сроков созревания.

Проблемные вопросы сельского хозяйства непосредственно касаются всех его отраслей – земледелия, растениеводства, кормопроизводства и животноводства, а также их сбалансированности применительно к условиям каждого региона России. В сельском хозяйстве России есть общие и региональные проблемные вопросы.

Так, анализ ситуации со структурой посевных площадей по важнейшим культурам наводит на печальную мысль о том, что она разбалансирована, и в стране существует устойчивый спрос только на пшеницу. Ее площади в 2012 г. по сравнению с 1990 г. даже увеличились на 438,0 тыс. га. По остальным культурам (рожь, ячмень, овес) наблюдается обвальное сокращение посевных площадей – по ржи – в 5,1 раза, ячменю – в 1,6 и по овсу – в 2,8 раза. В целом же, за эти годы общая посевная площадь в стране уменьшилась на 41,6 млн га. Площади посевов под кормовыми культурами в России сократились с 1990 по 2012 гг. на 27,0 млн га, или в 2,5 раза. При этом если даже в самые благоприятные годы в стране не заготавливалось достаточное количество кормов, то при таком сокращении, даже с учетом снижения поголовья животных, трудно надеяться на высокую и стабильную продуктивность животноводства [1, 2].

Н.И. Кашеваров приводит примеры бесхозяйственного отношения к величайшему природному богатству, которым является пахотнопригодная земля. Так, в 2012 году совокупный

вынос основных макроэлементов с урожаем (NPK) составил 8,8 млн т по действующему веществу. Из них более половины от совокупного выноса приходится на зерновые культуры. При этом хозяйства за счет минеральных удобрений компенсировали вынос лишь в объеме 2,4 млн т, или 27,3%. И такая ситуация наблюдается в течение всего периода после 1990 года [1, 2]. Автор анализирует также и многие другие показатели развития агропромышленного комплекса России и правомерно утверждает, что в общей системе сельского хозяйства отрасль кормопроизводства является «скелетной», центральной и основополагающей. Практически вся деятельность человека, связанная с возделыванием сельскохозяйственных культур, прямо или опосредованно связана с производством, переработкой и хранением кормов.

Составной и далеко не последней частью сельского хозяйства является поголовье животных в стране. Этот показатель служит объективным индикатором обеспеченности населения мясными продуктами, а также занятости сельского населения.

Зерновые стали размещать по зерновым, что привело к снижению плодородия пашни и, как следствие, к падению урожайности. Главной проблемой при этом является неустойчивость урожайности по годам, что сопряжено со многими вытекающими из этого последствиями.

Трудно еще найти примеры столь варварского, бесхозяйственного отношения к величайшему природному богатству, которым является пахотнопригодная земля. Получается, что мы живем не только тем, что создаем, не только тем, что нам оставили отцы и деды, а берем займы у детей и внуков. Исторически наша страна была аграрной самодостаточной державой. Это было возможным еще и потому, что человек всегда находил и находит оптимальные приемы земледелия и способы ведения сельского хозяйства [1-3].

Получение урожаев сельскохозяйственных культур в земледелии базировалось и базируется в значительной степени на использовании природного плодородия почв. В современных экономических условиях возрастает роль местных природных ресурсов Сибири для сохранения плодородия почв. Они являются важным резервом пополнения элементов минерального питания растений и улучшения агрохимических свойств пахот-

ных почв. Использование торфа, торфовивианитов, сапропеля, фосфоритов, апатитов, известковых материалов и гипса будет способствовать увеличению производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции, сохранению и поддержанию плодородия сибирских почв [4-6].

Обеспечение населения страны качественными продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем отечественного производства в достаточном объеме было и остается важнейшей задачей АПК. В ее решении важнейшее место занимает кормопроизводство. С кормопроизводством связаны многие проблемы и перспективы земледелия России.

Кормопроизводство – самая масштабная, многофункциональная и системообразующая отрасль сельского хозяйства, соединяющая и связывающая его в единое целое. Кормопроизводство определяет состояние животноводства и оказывает существенное влияние на решение ключевых проблем дальнейшего развития всей отрасли растениеводства, земледелия, рационального природопользования, повышения устойчивости агроэкосистем и агроландшафтов к воздействию климата и негативных процессов, сохранения ценных сельскохозяйственных угодий и воспроизводства плодородия почв, улучшения экологического состояния территории и охраны окружающей среды [7-9].

Многолетние травы и травяные экосистемы в агроландшафтах – основные объекты изучения кормопроизводства, самой масштабной и многофункциональной отрасли сельского хозяйства, которая объединяет растениеводство и животноводство, земледелие, экологию и рациональное природопользование.

Кормопроизводство – это научно обоснованная система организационно-хозяйственных и технологических мероприятий по производству, переработке и хранению кормов. Это система улучшения и рационального использования природных кормовых угодий, создания и использования сеяных сенокосов и пастбищ на месте природных кормовых угодий и залежей, травосеяния многолетних трав, выращивания кормовых культур на пашне в системе севооборотов, селекции и семеноводства новых высокопродуктивных и устойчивых сортов кормовых культур, производства кормов для животноводства в промыш-

ленности, заготовки, хранения и рационального использования кормов.

Значение и функции природных кормовых угодий в биосфере, агроландшафтах, сельском хозяйстве очень значительны. Луга и культура многолетних трав обеспечивают аккумуляцию солнечной энергии и накопление биомассы в биосфере и агроландшафтах, накопление углерода и гумуса, многообразие и биоразнообразие экосистем, их флоры и фауны. Они обладают большой устойчивостью к внешней среде, изменению климата и погоды, соединяют в себе экономику, экологию и эстетику сельского хозяйства [7-9].

Кормопроизводство, являясь важнейшей, системообразующей (скелетной) отраслью сельского хозяйства России, определяет функционирование всего земледельческого блока. Оно имеет теснейшие связи как с растениеводством, так и с земледелием и животноводством. В условиях Сибири роль кормопроизводства, кормовых угодий значительно возрастает. Процесс формирования и развития кормопроизводства в Сибири имеет свою специфику в отличие от Европейской части страны в силу природных, экономических и социальных факторов. Основное отличие – это длительный зимне-стойловый период, что обуславливает необходимость заготовки большого количества кормов [2].

Кормопроизводство играет важнейшую, решающую роль в управлении сельскохозяйственными землями России, в обеспечении их продуктивности, устойчивости и рентабельности. От уровня научно-технического прогресса кормопроизводства зависит многое в дальнейшем развитии сельского хозяйства и продовольственной безопасности страны.

Создание экологически устойчивой структуры из продуктивных и протективных экосистем, обеспечение нормального функционирования агроэкосистем и агроландшафтов являются в настоящее время первоочередными вопросами в решении проблем смягчения засух, уменьшения эрозии почв, оптимизации продуктивности сельскохозяйственных угодий и улучшения окружающей среды Сибири. Сохранение ценных сельскохозяйственных земель и плодородия почв возможно только при создании благоприятных условий для почвообразования и раз-

вития почвенной биоты, обеспечения активной жизнедеятельности основных почвообразователей – многолетних трав и микроорганизмов.

Важными вызовами для государства, общества и науки являются возрастание антропогенных нагрузок на природу, которые достигают критических значений, создают экологические проблемы и реальную угрозу для жизни и здоровья населения в разных регионах России. Наиболее существенные проблемы в настоящее время испытывает степное природопользование.

Веками множится проблема деградации сельскохозяйственных земель в степи. Найти правильный выход из сложившейся ситуации, указать точные практические пути решения проблем – актуальная государственная задача.

В степных регионах России 65% пашни, 50% пастбищ и 28% сенокосов подвержены разрушающему действию эрозии, дефляции, засухе, опустыниванию, дегумификации и др. неблагоприятным явлениям. Наиболее значительные экобиологические проблемы характерны для юга России, испытывающего наиболее сильные и постоянные антропогенные нагрузки (разбалансированность структуры агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов, нарушение структуры почвенного покрова, условий увлажнения, питания, вынос элементов питания и др.). Преобладающие на пашне сверх допустимой нормы однолетние культуры, особенно пропашные, требуя значительных затрат на обработку почвы, внесение удобрений, гербицидов и др., способствуют развитию процессов эрозии, дефляции и дегумификации почв. Наибольшие потери гумуса наблюдаются на пашне, расположенной в степной зоне [10-15].

Существенную роль в усилении эрозионных процессов играет интенсификация сельскохозяйственного производства с ориентацией на пропашные монокультуры и чистые пары, оголяющие почву, ослабляющие почвозащитные и противоэрозионные свойства агроэкосистем.

Основными требованиями современности к государству, обществу и науке сегодня являются: 1) "переход к высокопродуктивному и экологически чистому сельскому хозяйству"; 2) "учет взаимодействия человека и природы"; 3) "развитие природоподобных технологий", "управление экосистемами" [16].

Рациональное природопользование, реализуемое комплексным управлением природными ресурсами в сельском хозяйстве, является актуальнейшим вопросом на протяжении всей истории человечества. Со временем его актуальность будет только нарастать. Рациональное природопользование всегда было, есть и будет среди приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации и всего мира.

Обеспечить стабильность сельскохозяйственного производства, защитить его от засух, разрушения эрозией и дефляцией, повысить плодородие почв в полной мере может только рациональное природопользование. Рациональное природопользование и охрана окружающей среды в сельском хозяйстве – необходимые условия для обеспечения продуктивного долголетия степных экосистем и агроландшафтов.

Создание экологически устойчивой структуры из протективных и продуктивных экосистем, обеспечение нормального функционирования агроландшафтов являются в настоящее время первоочередными вопросами в решении проблем смягчения засух, уменьшения эрозии почв, оптимизации продуктивности сельскохозяйственных угодий и улучшения окружающей среды.

Полевые культуры весьма существенно различаются по их влиянию на процессы минерализации гумуса и почвообразования. Наибольшие среднегодовые потери гумуса наблюдаются под чистым паром и пропашными (1,5-2,5 т/га), средние – под зерновыми и однолетними травами (0,4-1 т/га). Под основными почвообразователями – многолетними травами – запасы гумуса увеличиваются на 0,3-0,6 т/га [17-19].

Одностороннее увлечение экономически привлекательными культурами (зерновые, подсолнечник) привело к нарушению севооборотов, ухудшению фитосанитарного состояния посевов, развитию негативных процессов деградации сельскохозяйственных земель. Система севооборотов должна обеспечивать бездефицитный баланс гумуса, препятствовать ухудшению фитосанитарного состояния посевов и почвоутомлению на полях. Для этого необходимо оптимальное соотношение однолетних культур и многолетних трав. Избыточное превалирование отдельных культур ведет к ухудшению фитосанитарного состояния посевов и почвоутомлению. Севообороты – важнейшее сред-

ство борьбы с сорняками, возбудителями болезней и вредителями, потери мирового урожая от которых, по данным ФАО, достигают 25%. При этом многолетние травы на пашне – важнейшее средство восстановления и поддержания плодородия почвы.

Важнейшей задачей нашего государства является обеспечение продовольственной и экологической безопасности России. Сохранение продуктивного долголетия ценных сельскохозяйственных земель и плодородия почв возможно только при создании благоприятных условий для функционирования сбалансированных, природоподобных агроэкосистем и агроландшафтов, почвообразования и развития почвенной биоты, обеспечения активной жизнедеятельности основных почвообразователей – многолетних трав и микроорганизмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кашеваров Н.И. Проблемные вопросы сельского хозяйства и кормопроизводства. Новосибирск, 2016. 106 с.
2. Кашеваров Н.И., Резников В.Ф. Сибирское кормопроизводство в цифрах. Новосибирск, 2004. 140 с.
3. Шпедт А.А. История Земледелия Сибири: учеб. пособие. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2005. 261 с.
4. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: РАСХН, НГАУ, 2013. 790 с.
5. Гамзиков Г.П. Перспективы использования природных агрохимических ресурсов Сибири в качестве удобрений // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях. Материалы VII Международной научной конференции (памяти проф. Петина А.Н.). 2017. С. 40-42.
6. Гамзиков Г.П., Гамзикова О.И., Широких П.С. Возможности использования нетрадиционных удобрений в сибирском земледелии // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 3. С. 9-12.
7. Трофимов И.А. Состояние и перспективы развития кормопроизводства России // Кормопроизводство. 2010. № 8. С. 6-9.
8. Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П. Значение, функции и потенциал кормовых экосистем в биосфере, агроландшафтах и сельском хозяйстве // Адаптивное кормопроизводство. 2010. № 3. С. 23-28.
9. Шпаков А.С., Трофимов И.А. Биологизация и экологизация земледелия и кормопроизводства в Центральном экономическом районе // Кормопроизводство. 2002. № 2. С. 2-6.
10. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. "Тихий Кризис" агроландшафтов Центрального Черноземья // Земледелие. 2014. № 1. С. 3-6.

11. Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова [и др.]. М.: Наука, 2015. 246 с.
12. Повышение устойчивости агроландшафтов: рекомендации / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова [и др.]. М.: Росинформагротех, 2003. 44 с.
13. Проблема опустынивания земель в России / И.А. Трофимов, З.Ш. Шамсутдинов, Л.С. Трофимова [и др.] // Земледелие. 2010. № 7. С. 7-9.
14. Рекомендации по созданию продуктивных и устойчивых агроландшафтов / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова [и др.]. М.: Россельхозакадемия, 2003. 44 с.
15. Рекомендации по устойчивости агроландшафта на основе ресурсо-возобновляющей роли многолетних трав / А.А. Кутузова, Г.Д. Харьков, Т.В. Прологова [и др.]. М.: Россельхозакадемия, 2002. 18 с.
16. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642. 24 с.
17. Концепция сохранения и повышения плодородия почвы на основе биологизации полевого кормопроизводства по природно-экономическим районам России / Б.П. Михайличенко, Ю.К. Новоселов, А.С. Шпаков [и др.]. М.: Информагротех, 1999. 108 с.
18. Шпаков А.С., Воловик В.Т. Основные факторы продуктивности кормовых культур // Кормопроизводство. 2012. № 6. С. 17-19.
19. Шпаков А.С., Воловик В.Т. Развитие полевого кормопроизводства в России // Земледелие. 2009. №6. С. 22-24.

УДК: 631.458

С.Г. КОТЧЕНКО, директор,
Д.И. ЕРЁМИН, д-р биол. наук,
Н.А. ГРУЗДЕВА, ведущий агрохимик
ФГБУ ГСАС «Тюменская», Тюмень

ДЕГУМИФИКАЦИЯ ПАШНИ, ЕЕ ПРИЧИНЫ И МЕРЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлены результаты многолетнего агрохимического обследования пахотных почв юга Тюменской области за 22 года. Установлено, что в период с 1996 по 2017 гг. при отсутствии достаточного внесения органических и минераль-

ных удобрений площадь почвы с высоким и очень высоким содержанием гумуса постепенно снижается. Отрицательный баланс азота наблюдался в период с 1996 по 2017 годы и доходил до 44 кг/га в действующем веществе.

Тюменская область является активно развивающимся регионом. За последнее время урожайность выросла в разы, появились новые культуры. Поэтому антропогенная нагрузка на почвы увеличилась многократно. Общерегionalной особенностью почвенного покрова являются невысокие запасы гумуса. Поэтому в результате активного землепользования пахотный фонд области начинает испытывать дефицит органического вещества. Сейчас следует больше внимания уделять научным методам использования земли, внедрению севооборотов, почвозащитных технологий. Состояние используемых в сельском хозяйстве земель, прежде всего пашни, их производительность в большой мере зависят от условий эксплуатации, уровня культуры земледелия. Пренебрежение простыми правилами неизбежно влечет за собой потерю плодородия и даже прямое разрушение почв.

Устойчивое развитие земледелия в России возможно только на плодородных почвах. В Тюменской области основная часть сельскохозяйственного производства находится в зонах от южной тайги до южной лесостепи. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 3381,1 тыс. га, в том числе пашни – 1304,8 тыс. га.

В основе пашни юга Тюменской области лежат серые лесные, черноземы и луговые почвы (рис. 1). Серые лесные занимают 35,9% пашни; на долю черноземов (оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные, в том числе осолоделые и солонцеватые) приходится 30,9% от пахотного фонда. Луговые почвы занимают 21,6% [1-3].

В основе работы лежат результаты многолетнего мониторинга, проводимого специалистами станции агрохимической службы «Тюменская», проводящей агрохимическое обследование сельскохозяйственных угодий с 1964 года. Станция проводит собственные исследования почв на реперных участках. Это дает возможность изучать не только динамику плодородия, но и понять природу изменений.

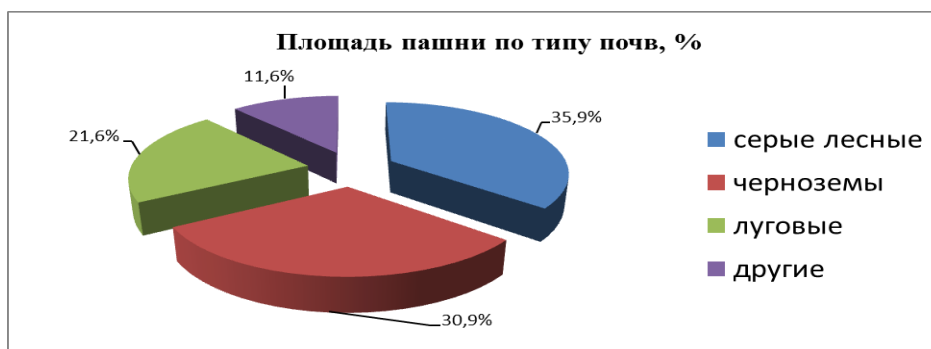


Рис. 1. Распределение площади по типам почв в Тюменской области

Длительное время агрохимическая станция «Тюменская» обладала только частичными данными по динамике содержания гумуса. С 1996 года агрохимический мониторинг почв юга Тюменской области стал повсеместным. На момент 1996 года почв с очень высоким содержанием гумуса было не более 1,5% от пахотного фонда. К 2001 году площадь таких почв увеличились, достигнув 1,9%, что обусловлено за счет вовлечения залежных земель. К 2007 года площадь почв уменьшилось до 1,3%, что составляет 16 тыс. га. В дальнейшие годы тенденция уменьшения площади высокогумусных почв сохранилась.

Площадь пахотных почв с содержанием гумуса 8,1-10,0% с 1996 по 2004 годы постепенно уменьшалась. В дальнейшем площади таких почв резко сократились, достигнув 3,2% от общей площади обследованной пашни. За двадцатилетний период с 1996 по 2016 гг. почвы с высоким содержанием гумуса (8,1-10,0) уменьшилось в 3 раза, уменьшилось на 43,6 тыс. га пашни. Наши обследования показали, что такие почвы почти не выводились из сельскохозяйственного оборота, следовательно, произошел переход из одной группы в другую с меньшим содержанием гумуса. Основные площади пахотного фонда относятся к почвам с содержанием в них 4,1-6,0% гумуса. Площадь почв со средним содержанием гумуса составляет более 30% площадей пашни юга Тюменской области. Изменение группы, в которой находятся почвы с содержанием гумуса от 4,1 до 6,0%, может происходить за счет как высокоплодородных почв, теряющих гумус, так и за счет менее плодородных вследствие улучшения их запасов гумуса.

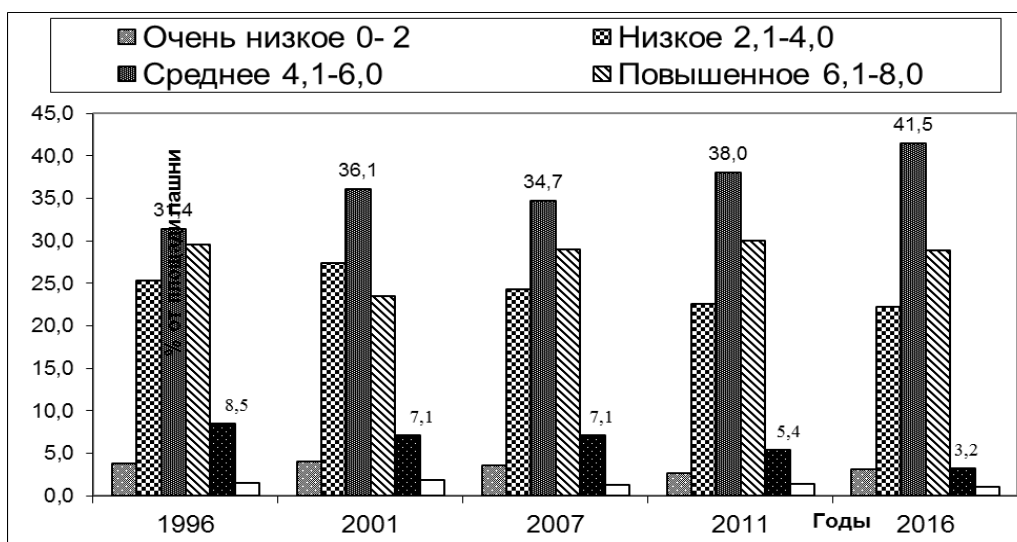


Рис. 2. Градация почв по содержанию гумуса, %

На основе ежегодных отчетных данных агрохимической станции «Тюменская» мы рассчитали динамику баланса азота. И пришли к неутешительным выводам.

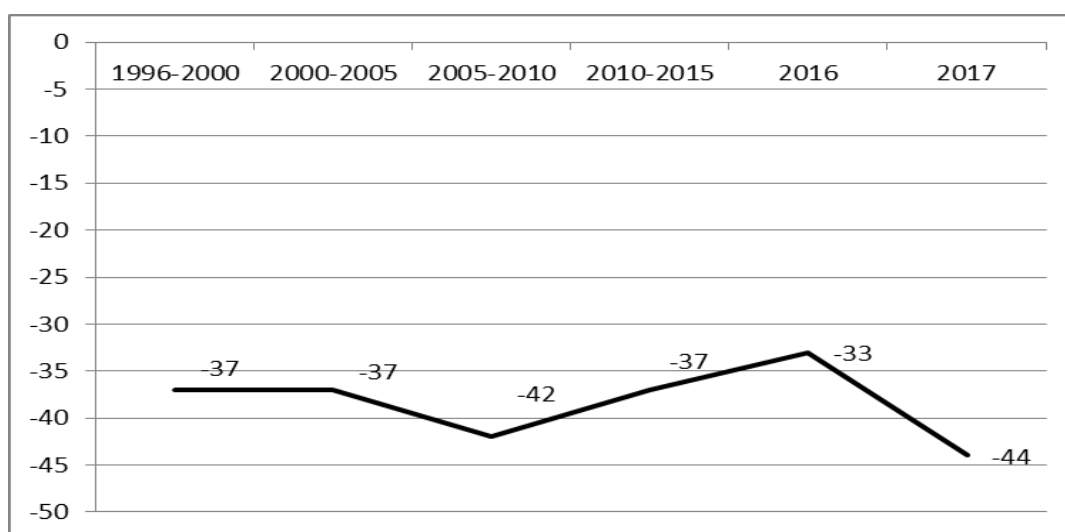


Рис. 3. Баланс азота пахотных почв, кг/га д.в.

Поскольку азот попадает в почву в виде органических и минеральных удобрений, то отрицательный баланс азота обусловлен его высвобождением при минерализации гумуса. Баланс азота на протяжении 22 лет отрицательный, хотя в последние годы (2010-2017 гг.) недостаток этого элемента сократился за счет увеличения внесения доз вносимых органических и минеральных удобрений. Однако, как показывают наши расчеты,

органические удобрения вносятся в разы меньше от потребности пашни.

Таким образом, уменьшение внесения минеральных удобрений, отсутствие легкоусвояемых форм питательных веществ ведет к усилению минерализации органического вещества почвы. Для Тюменской области одной из важных задач является увеличение объёмов применения минеральных и органических удобрений в научно обоснованных дозах с учетом данных агрохимического обследования и почвенной диагностики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, Сиб. Отд-ние, 1990. 285 с.
2. Ренев Е.П., Ерёмин Д.И., Ерёмина Д.В. Оценка основных показателей плодородия почв, наиболее пригодных для расширения пахотных угодий в Тюменской области. // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 27-31.
3. Ерёмин Д.И. Стабилизация гумусного состояния пахотного чернозема // Земледелие. 2014. № 1. С. 29-31.

УДК: 631.45

**И.Б. СОРОКИН, д-р с.-х. наук,
Е.А. СИРОТИНА, вед. агрохимик**
ФГБУ "Станция агрохим. службы "Томская", Томск

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО БАЛАНСА ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В АГРОЦЕНОЗАХ

Экологически безопасная система удобрений должна одновременно решать 4-е задачи: 1) расширенное воспроизводство плодородия почв; 2) обеспечение дальнейшего роста урожая и его качества; 3) улучшение (сохранение) окружающей природной среды; 4) обеспечение рентабельности применяемых удобрений [1]. Полное и систематическое применение возобновляемых биоресурсов в земледелии соответствует решению всех поставленных задач.

При разработке системы удобрения в севооборотах необходимо учитывать средообразующие и почвосохранивающие свойства растений и наиболее полно применять в виде удобрения растительную массу, не используемую в качестве урожая.

Известна роль многолетних трав в сохранении и восстановлении почвенного плодородия. Многолетние бобовые травы оставляют в почве 6-12 т/га сухого органического вещества (ОВ), превышающего навоз по значению для окультуривания почвы, экологической безопасности, энергетическим затратам при внесении органических удобрений (ОУ). И наоборот, пропашные культуры и особенно чистый пар существенно снижают содержание ОВ в почве.

От структуры землепользования и посевных площадей в первую очередь зависит баланс ОВ в агроландшафтах и потребность в ОУ для воспроизводства почвенного плодородия [2].

Методики расчетов баланса ОВ. Нами рассчитана потребность в условном ОУ для поддержания в пахотных землях Томской области бездефицитного баланса почвенного ОВ по трем методикам: по выносу азота; по потерям гумуса (от минерализации и эрозии) и нормативным методом – 6,96; 6,52 и 6,23 т/га соответственно [3]. Результаты расчетов вполне сопоставимы.

Нормативный метод определения доз внесения ОУ [4], на наш взгляд, в достаточной мере учитывает потребность различных культур для получения планируемого урожая и восстановления плодородия почв. Исходя из нормативов потребности в ОУ в зависимости от вида возделываемых культур и типа почвы (табл. 1), легко подсчитать потребность в ОУ в севообороте, в хозяйстве, в районе или в области при сложившейся структуре использования пашни. Данные нормативы обеспечивают минимально необходимый уровень поступления в почву свежего ОВ для стабилизации запасов гумуса и оправданы экономически. А для многолетних трав приведен эквивалент прироста ОВ на один год использования.

Есть здесь, на наш взгляд, и некоторые недостатки: нормативный метод не учитывает изменяющиеся условия в динамике; использует усредненные показатели и в компромиссе между экономикой и экологией более склонен к экономической целесообразности внесения органических удобрений.

Таблица 1

**Нормативы потребности в органических удобрениях
в зависимости от вида культур (в пересчете
на подстилочный навоз), т/га в год [4]**

Группы культур	Дерново-подзолистые почвы			Серые лесные почвы	Черноземы		
	песчаные	супесчаные	суглинистые и глинистые		оподзоленные выщелоченные типичные	обыкновенные	южные
чистый пар	30	29	28	27	20	18	18
пропашные	28	24	22	20	17	16	16
зерновые, лен	12	10	9	8	4	2	2
однолетние травы	8	7	6	5	3	1,5	1,5
зернобобовые	0	0	0	0	0	0	0
многолетние травы	+9	+10	+10	+10	+12	+8	+6

Например, зернобобовые культуры для получения урожая действительно менее других культур нуждаются в ОУ и сами несколько улучшают эффективное плодородие почвы как хороший предшественник, но они не обеспечивают в достаточном количестве приходной части баланса ОВ. Тем не менее, нормативный метод достаточно точен, прост и удобен для быстрого расчета минимально необходимой и экономически целесообразной потребности в ОУ для поддержания бездефицитного баланса почвенного ОВ.

Расчеты показывают, что насыщенность 7-польного севооборота №1 многолетними травами – 28,6% и с одним полем пропашных культур не обеспечивает бездефицитного баланса почвенного ОВ (-4,57 т/га ОУ), но полное применение имеющихся в данном севообороте биоресурсов ОУ (+10,2 т/га) может обеспечить положительный баланс ОВ: +5,6 т/га (рис. 1).

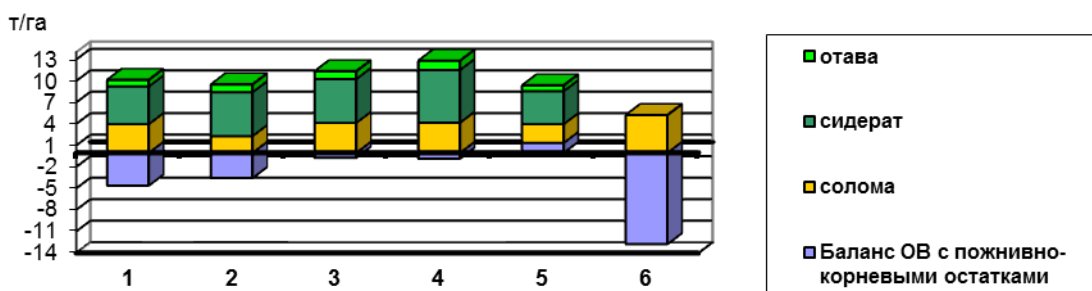


Рис. 1. Баланс ОВ в севооборотах с насыщением многолетними травами от 28,6 до 50,0% (№№ 1-5) и зернопаровым 4-польным (№6):

(севообороты: 7-польный севооборот с долей многолетних трав - 28,6%, пропашных культур - 14,3% и зерновых культур - 57,1%; 2) 6 полей: многолетних трав - 33,3%, пропашных - 16,7%, однолетних трав - 16,7 и зерновых - 33,3%; 3) 6-польный: многолетних трав - 33,3% (без пропашных), зернобобовых – 16,7%, зерновых и технических культур - 50%; 4) 5-польный: многолетних трав - 40% (без пропашных), зерновых и технических культур - 60%; 5) 8 полей: многолетних трав - 50%, однолетних трав - 12,5 и зерновых культур - 37,5%; 6) 4-польный зернопаровой - с долей зерновых и технических культур - 75%. В приходной части – структура легко возобновляемых биоресурсов, т/га севооборотной площади в условном ОУ)

Насыщенность многолетними травами на 1/3 часть севооборота №2 с одним полем пропашных культур не обеспечивает положительного баланса ОВ (-3,5 т/га), но так же, как и в предыдущем севообороте, применение имеющихся биоресурсов позволяет обеспечить положительный баланс почвенного ОВ +6 т/га. Расчеты показывают, что одно поле пропашных культур в севообороте вызывает деструкцию ОВ, накопленное за счет корневых и пожнивных остатков двумя полями многолетних трав. Поэтому в севообороте №3, разработанном для семеноводства сельскохозяйственных культур, с такой же насыщенностью многолетними травами (но без кормовых культур) баланс почвенного ОВ более благополучен.

В зернотравяном севообороте с насыщенностью многолетними травами – 40% также в полной мере не обеспечивается бездефицитный баланс почвенного ОВ (-0,8 т/га ОУ) без применения биоресурсов.

И только насыщенность севооборота №5 многолетними травами на 50% полностью обеспечивает положительный баланс почвенного ОВ (+1,38 т/га) даже без применения биоресурсов. Однако 4-х летнее использование многолетних трав снижает долю биоресурсов в севообороте в виде сидерата или отавы, поскольку зеленая масса наиболее эффективно влияет на повышение эффективного плодородия при внесении ее непосредственно под последующие культуры.

В сравнении вышеуказанных севооборотов (рис. 1) с четырехпольным зернопаровым севооборотом (№6) с полем чистого пара без внесения ОУ наблюдается резкий дефицит ОВ (-12,7 т/га), потенциальных биоресурсов в виде соломы (5,3 т/га севооборотной площади) не хватает, чтобы уменьшить этот дефицит даже наполовину. В итоге общий баланс: -7,5 т/га.

Таким образом, севообороты с многолетними травами позволяют существенно снизить потребность в ОУ для достижения бездефицитного баланса почвенного ОВ и расширяют потенциальные возможности применения зеленой массы многолетних трав в качестве ОУ.

Основные пути достижения бездефицитного (или положительного) баланса почвенного ОВ в агроландшафтах: оптимизация структуры посевных площадей в пользу севооборотов с многолетними травами, наиболее полное использование легко возобновляемых биоресурсов и поиск альтернативы чистым парам в полевых севооборотах, где наиболее остро стоит проблема дефицита почвенного ОВ и на эрозионно-опасных склоновых землях.

В настоящее время рекомендации по применению сидератов имеются для европейской части России и некоторых других регионов, которые часто не подходят для условий Сибири. Установлено, что в почвенно-климатических условиях подтаежной зоны малоэффективны ряд существующих рекомендаций. Отличается также видовой состав сидеральных и основных культур.

Например, многолетний люпин (*Lupinus polyphyllus* L.) не подтвердил положительные свойства в качестве сидерата в условиях подтаежной зоны.

Действие и последствие зеленого удобрения изучали в рамках 4-польного зернопарового севооборота. На его ротацию рассчитали баланс почвенного ОВ нормативным методом [4]. Этот метод учитывает минерализацию почвенного ОВ с учетом ее частичной компенсации корневыми и пожнивными остатками, выраженную в условном ОУ. Однолетние сидераты по биологическим признакам и по поступлению пожнивно-корневых остатков соответствуют однолетним травам, клевер соответствует многолетним травам. Поэтому расходную часть баланса почвенного ОВ рассматриваем по соответствующим нормативам (табл. 2). Приходную часть в виде зеленого удобрения, фактически полученную в опытах (в условном ОУ), разделили на севооборотную площадь.

В среднем однолетние сидераты обеспечили 22 т/га зеленой массы, что при коэффициенте перевода в условное ОУ (0,7) соответствует 15,6 т/га. Однолетние сидераты за счет снижения минерализации почвенного ОВ и поступления корневых и пожнивных остатков по сравнению с чистым паром снижают дефицит почвенного ОВ на 43%. Зеленое удобрение привносит на каждый гектар севооборотной площади еще 3,9 т/га в условном ОУ. Это позволяет снизить дефицит ОВ до -3,35 т/га.

Таблица 2

Расчет баланса ОВ в серой лесной почве в зернопаровых севооборотах на 100 га (без внесения сидерата и соломы)

Культура, пар	Доля в севообороте, % (га)	Норматив баланса ОВ	Баланс ОВ, т
1. Чистый пар	25	-27	-675
2. Яровая пшеница	25	-8	-200
3. Ячмень	25	-8	-200
4. Овес	25	-8	-200
Всего	100		-1275
Баланс на 1га севооборотной площади			-12,75
4-польный севооборот с сидеральным паром из однолетних культур			
1. Сидеральный пар	25	-5	-125
2-4. Зерновые культуры	75	-8	-600

Культура, пар	Доля в севообороте, % (га)	Норматив баланса ОВ	Баланс ОВ, т
Всего	100		-725
Баланс на 1га севооборотной площади			-7,25
4-польный севооборот с клеверным паром			
1. Клеверный пар	25	10	250
2-4. Зерновые культуры	75	-8	-600
Всего	100		-350
Баланс на 1га севооборотной площади			-3,50
5-польный севооборот с клеверным паром			
1. Клеверный пар	20	10	200
2-5. Зерновые культуры	80	-8	-640
Всего	100		-440
Баланс на 1га севооборотной площади			-4,40
5-польный севооборот с сидеральным паром из однолетних культур			
1. Сидеральный пар	20	-6	-120
2-5. Зерновые культуры	80	-8	-640
Всего	100		-760
Баланс на 1га севооборотной площади			-7,6

В целом однолетние сидераты по сравнению с чистым паром снижают дефицит почвенного ОВ за ротацию 4-польного зернопарового севооборота на 74%, но бездефицитный баланс на серых лесных почвах не достигается. Для этого необходимо повысить урожайность зеленой массы до 41,1 т/га.

Из многолетних сидератов перспективен для подтаежной зоны клевер красный, урожайность которого в среднем по данным опытов 40,3 т/га зеленой массы, что в переводе на условное ОУ (коэффициент 0,8) составляет 32,2 т/га.

Многолетние травы, в том числе клевер красный, обладают более высоким количеством корневых и пожнивных остатков, а также под их посевами снижается минерализация почвенного ОВ, и наблюдается положительный баланс ОВ. Клевер начинает накапливать ОВ уже под покровной культурой, пред-

шествующей сидеральному пару, поэтому еще до внесения зеленой массы клеверный пар приближает баланс почвенного ОВ к бездефицитному на 73%, что сопоставимо с внесением однолетних сидератов.

На каждый гектар 4-польного севооборота приходится 8,1 т/га условного ОУ (зеленой массы клевера). Таким образом, применение клеверного пара со средней урожайностью зеленой массы 40,3 т/га обеспечивает за ротацию севооборота положительный баланс почвенного ОВ: $-3,5 + 8,1 = 4,6$ т/га.

Также распространен 5-польный зернопаровой севооборот, где влияние клеверного пара на положительный баланс почвенного ОВ несколько снижается: $-4,4 + 6,4 = 2,0$ т/га. В этом севообороте не обеспечивает бездефицитного баланса применение однолетнего сидерата. Также при трансформации этого севооборота в зернопаропропашной с заменой даже одного поля зерновых пропашными культурами не достигается положительного баланса ОВ внесением среднего урожая зеленой массы клевера. Следовательно, целесообразно рассматривать применение в севооборотах и других ОУ, например, соломы и разрабатывать приемы, повышающие поступление ОВ в почву агроландшафтов.

Заключение. Обеспечить баланс органического вещества в агроценозах и повысить эрозионную устойчивость возможно применением севооборотов насыщенных многолетними травами.

В севооборотах без многолетних трав для достижения бездефицитного баланса ОВ необходимо полное комплексное применение всех биоресурсов (соломы, пожнивных остатков и сидератов), заменять чистые пары сидеральными, предпочтительно с многолетними бобовыми сидеральными культурами, такими как клевер красный (розовый) и др.

Баланс ОВ в агроценозах возможно рассчитывать с помощью нормативного метода, разработанного ВНИИОУ (г. Владимир), обладающего достаточной точностью и оперативностью расчетов, в том числе прогнозных.

Предварительный расчет баланса органического вещества нормативным методом по сложившейся структуре посевных площадей и уровню применения органических удобрений и биоресурсов при проведении мониторинга почвенного плодот-

родия позволит предупреждать негативные последствия нерациональной системы земледелия и рекомендовать пути достижения бездефицитного (или положительного) баланса почвенного органического вещества в агроценозах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья / под ред. Н.З. Милащенко. М., 1993. 864 с.
2. Сорокин И.Б. Биоресурсы в земледелии подтаежной зоны Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. №2 (76). С. 12-15.
3. Сорокин И.Б. Возобновляемые биоресурсы повышения плодородия пахотных почв подтаежной зоны Западной Сибири Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 2013. 368 с.
4. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России: информ.-аналит. справочник / под ред. А. И. Еськова. Владимир: ГНУ ВНИПТИОУ Россельхозакадемии, 2006. 200 с.

УДК 631.58:631.417 (571.54)

А.К. УЛАНОВ, канд. с.-х. наук
Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ

ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ПРИЕМОВ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Значимость показателей плодородия пахотных почв в многолетнем и длительном ряду определяется, главным образом, динамикой изменения качественных и количественных характеристик органического вещества. В настоящее время накоплен обширный экспериментальный материал по изменению гумусного состояния почв при сельскохозяйственном использовании и применении различных агротехнологий [1-5]. В своеобразных климатических условиях Бурятии подобные критерии оценки и диагностики изменения гумусного состояния и продук-

тивности мерзлотных почв единичны [6-8], в связи с чем обобщение экспериментального массива результатов исследований по влиянию многолетней нагрузки основных приемов земледелия на гумусное состояние почвы, полученных в длительных стационарах Бурятского НИИСХ, позволяют рассматривать их в качестве обширной базы данных для формирования и последующей реализации перспективных технологий регулирования и оптимизации органического вещества агроландшафтов сухой степи Бурятии.

Методика исследований. Многолетние стационарные полевые опыты заложены каждый на отдельном земельном контуре в разный период времени, и к моменту обобщения данных прошло от 28 до 37 лет систематических наблюдений.

В многолетнем опыте по изучению основных обработок почв (МО-1, заложен в 1972 г.) в течение девяти ротаций севооборота ($n = 37$), изучали следующие системы: 1) вспашка на 20-22 см, 2) плоскорезная обработка на 20-22 см, 3) плоскорезная обработка на 12-14 см, 4) комбинированная обработка в пару (с весны плоскорезная на 12-14 см и летом глубокая вспашка на 28-30 см и плоскорезная на 12-14 см под вторую, третью культуры на фоне без удобрений).

В многолетнем опыте «Севообороты» (МО-2, заложен в 1981 г.) в течение семи ротаций ($n = 28$), изучали следующее чередование культур: 1) пар чистый – пшеница – овес – овес на зеленую массу, 2) пар занятый (донник) – пшеница – овес – овес + донник на зеленую массу, 3) пар сидеральный (донник) – пшеница – овес – овес + донник на зеленую массу на фоне трех систем удобрений **а.** без удобрений, **в.** минеральная: пар и под вторую культуру внесение N40, под третью - N60, **с.** органо-минеральная: пар – навоз 40 т/га, под вторую культуру – N40 и под третью – N60.

В стационаре с обработкой почвы результаты получены в четырехпольном зернопаровом севообороте: пар чистый – пшеница – овес – овес на зеленую массу. Исследования в обоих стационарах развернуты во времени и пространстве с трехкратной повторностью и учетной площадью делянок 200...250 м². Повсеместно высевали районированные сорта яровых зерновых куль-

тур с агротехникой согласно принятой в регионе зональной системе земледелия [9].

Количественные и качественные характеристики гумуса определяли по И.В. Тюрину: содержание в модификации Симакова [10], фракционно-групповой состав – в модификации Пономаревой-Плотниковой [11]. Статистический анализ проведен с помощью классических и современных методик [12].

Результаты исследований. Известно, что длительность и система обработки почвы значительно влияют на характер трансформации органического вещества и изменение содержания гумуса [1, 3]. Причем, степень этого воздействия оценивается неоднозначно. По мнению И.Н. Шаркова [13], даже самые крайние варианты минимизации обработки не обеспечивают значительного накопления и поддержания гумуса в почве.

В равных условиях (зернопаровой севооборот, без удобрений) при ежегодных и типичных для сухой степи обработках почвы ($n = 37$) содержание гумуса, вне зависимости от системы, повсеместно снижалось (табл. 1).

Таблица 1

Статистика изменения содержания гумуса в реестре разной обработки почвы на контрольном варианте, 0-20 см ($n = 37$)

№	Вариант опыта		ГК ФК	Содержание, %			Запасы, т/га		
				$M \pm m$	lim	V, %	$M \pm m$	V, %	
1	исходная почва		0,94	$1,57 \pm 0,05$	1,47 - 1,67	7,1	$44,9 \pm 1,4$	7,1	
2	вспашка 20-22 см		0,84	$1,36 \pm 0,02$	1,32 - 1,40	3,9	$38,9 \pm 0,6$	3,9	
3	плоск орез- ная	20-22 см	0,89	$1,45 \pm 0,02$	1,41 - 1,49	3,8	$41,5 \pm 0,6$	3,8	
4		12-14 см	0,89	$1,40 \pm 0,03$	1,35 - 1,45	5,0	$40,0 \pm 0,9$	5,0	
5	комбинированная		0,91	$1,48 \pm 0,04$	1,42 - 1,54	5,5	$42,3 \pm 1,1$	5,5	
НСР ₀₅			0,07				2,0		

В этом реестре ежегодная на протяжении почти сорока лет вспашка с оборотом пласта сопровождалась наибольшим снижением гумуса в сравнении с исходным содержанием, которое снизилось в среднем до величины $1,36 \pm 0,02\%$ с нижним пределом в $1,32\%$ и высокой устойчивостью уменьшения. Подобное повлекло сужение ГК:ФК до $0,84$ против $0,94$ в исходной почве, отражая более интенсивное снижение лабильных и гидролизуемых фракций гумуса за такой длительный период времени под вспашкой. Аналогичное снижение гумуса в почве при ежегодной весенней вспашке отмечалось в исследованиях В.Б. Бохиева и др. [14]. Константа (k) скорости снижения содержания гумуса почвы в многолетней динамике под систематической нагрузкой от вспашки составила $k = 0,004 \text{ год}^{-1}$:

$$y, \% = 1,573e^{-0,004t} \quad . (1),$$

где e – иррациональное число; t – порядковый номер года.

В отличие от вспашки ежегодная плоскорезная обработка почвы, независимо от глубины технологического приема, сопровождалась меньшим снижением содержания гумуса, которое в среднем составило $1,45 \pm 0,02$ и $1,40 \pm 0,02\%$ соответственно двум разным обработкам по глубине. При мелкой плоскорезной обработке почвы снижение гумуса было достоверно более выраженным с нижним пределом $1,35\%$, которое вполне сопоставимо с минимальной границей по весенней вспашке. Отметим расширение соотношения ГК:ФК до $0,89$, и по этому показателю гумусного состояния почва на плоскорезном фоне приближалась к исходному значению. В данном случае кинетика снижения гумуса в почве была ниже, чем на отвальной вспашке и составила $k = 0,002 \text{ год}^{-1}$:

$$y, \% = 1,587e^{-0,002t} \quad (2).$$

Наиболее позитивный отклик почвы в отношении изменения содержания гумуса наблюдался при комбинированной обработке, многолетнее воздействие которой определяло значительно меньшее снижение в сравнении со вспашкой и плоскорезными обработками и составило в среднем $1,48 \pm 0,04\%$ с

большими пределами величин, где верхняя граница достигала 1,54%. Как следствие – заметное улучшение качественного состава гумуса почвы с соотношением ГК:ФК = 0,91. В анализе основных приемов обработки почвы именно комбинированная в отношении поддержания гумуса проявила как наиболее адекватная, обеспечивая уровень содержания и статистические показатели, близкие к исходному. Возможно, такой характер связан с новообразованием гумусовых веществ под воздействием периодической глубокой вспашки в пару, увеличивая высокое присутствие углерода фракции ГК-1, подвижных фракций ФК и снижая содержание негидролизуемого остатка. В скоростной оценке кинетика (k) снижения гумуса в почве составила $k = 0,002 \text{ год}^{-1}$:

$$y, \% = 1,586e^{-0,002t} \quad (3).$$

В скоростном проявлении можно констатировать: отклик почвы на изменения содержания гумуса под воздействием классического спектра обработок не всегда сопровождался соответствующим количественным изменением. Последнее скорее обусловлено более «глубинными» в этом понимании процессами гумификации и изменениями качественных параметров гумуса. Ранжирование количественных изменений гумуса в почве по масштабу снижения находилось в ряду: комбинированная обработка ($1,48 \pm 0,04\%$) → плоскорезная ($1,40 \pm 0,03\%$) → вспашка отвальная ($1,36 \pm 0,02\%$), а скоростных параметров не столь выраженную направленность: комбинированная и плоскорезная обработка имели равную кинетику снижения ($k = 0,002 \text{ год}^{-1}$) и слабее, чем при отвальной вспашке ($k = 0,004 \text{ год}^{-1}$). В целом, комбинированная обработка почвы в севообороте позволила поддержать близкое к исходному гумусное состояние почвы за счет вновь образованных гумусовых веществ с хорошим качественным составом и увеличением мощности гумусового горизонта.

Ограниченность запасов навоза и других органических удобрений, а также современные затраты на их внесение делает очевидным поиск альтернативных путей поддержания гумусного статуса почв Бурятии. Для аридного земледелия сухой степи предлагается возделывание в паровом поле культур, обогаща-

ющих почву органическим веществом, в частности, донника на корм и сидерат [15-17]. Еще Д.Н. Прянишников особое внимание уделял зеленым удобрениям, которые, по его мнению, в Сибири наиболее пригодны для широкого использования: «Наиболее шансов на применение зеленого удобрения в климате более суровом имеется, по-видимому, тогда, когда яровому предшествует пар» [1].

Определение содержания гумуса после семи ротаций (n = 28) на стационаре по изучению севооборотов показало, что в севообороте с чистым неудобренным паром по сравнению с исходным содержанием количество гумуса уменьшилось на 11,1% и достигло $1,31 \pm 0,02\%$ с нижним лимитом 1,25% с высокой устойчивостью уменьшения (табл. 2).

Таблица 2

Изменение содержания гумуса в почве под различными паровыми предшественниками, 0-20 см (n = 28)

Вариант оценки	ГК ФК	Содержание, %			Запасы, т/га	
		M ± m	lim	V, %	M ± m	lim
Исходная почва, 1981 г.	0,95	1,45±0,03	1,37 - 1,54	6,7	41,5±0,9	39,2 - 44,0
пар чистый						
без удобрений	0,84	1,31±0,02	1,25 - 1,36	3,5	36,9±0,6	35,3 - 38,4
N40	0,86	1,43±0,03	1,37 - 1,50	3,9	40,3±0,9	38,6 - 42,3
навоз 40 т/га	0,94	1,55±0,03	1,48 - 1,62	4,3	43,7±0,9	41,7 - 45,7
пар занятый						
донник	0,93	1,53±0,04	1,44 - 1,62	5,3	43,7±1,1	40,6 - 45,7
донник + N40	0,94	1,56±0,03	1,49 - 1,63	4,0	44,0±0,9	42,0 - 46,0
донник+навоз 40 т/га	0,95	1,71±0,03	1,65 - 1,77	3,3	48,2±0,9	46,5 - 49,9
пар сидеральный						
донник	0,95	1,58±0,03	1,52 - 1,64	3,7	44,6±0,9	42,9 - 46,3
донник + N40	0,96	1,62±0,03	1,56 - 1,68	3,4	45,7±0,9	44,0 - 47,4
донник+навоз 40 т/га	0,96	1,76±0,03	1,70 - 1,82	3,1	49,6±0,9	47,9 - 51,3
НСР ₀₅		0,08			2,3	

Темпы минерализации гумуса составили 162 кг/га в год, т.е. в среднем за одну ротацию 4-польного зернопарового сево-

оборота терялось 0,65 т/га. Динамика уменьшения содержания гумуса в севообороте с чистым неудобренным паром аппроксимировалась экспоненциальным регрессионным уравнением:

$$y, \% = 1,437 e^{-0,003t} \quad (4).$$

Применение минеральных удобрений в чистом пару сдерживало процессы минерализации гумуса. Здесь содержание гумуса в почве по истечении 28 лет сохранилось практически на уровне исходного количества $1,43 \pm 0,03\%$.

Воспроизводство гумуса в севообороте с традиционным чередованием культур и чистого пара во времени и пространстве достигалось только путем внесения в паровое поле навоза в дозе 40 т/га - $1,55 \pm 0,03$. Экспоненциальная модель пополнения гумуса носила следующий характер изменения:

$$y, \% = 1,491 e^{0,003t} \quad (5).$$

Севообороты с донником, высеваемым в замыкающем поле, увеличили содержание гумуса за период исследований на уровне варианта внесения навоза в чистом пару. Средние значения лежали в одном диапазоне $1,53 \pm 0,04 \dots 1,58 \pm 0,03\%$, с интервалом лимитов 1,44-1,62% и пространственной вариативностью 3,7-5,3%. Константа скорости пополнения гумуса почвы в севооборотах с занятым и сидеральным паром составила $k = 0,003$ в год при характере моделей в виде экспоненциальных уравнений:

$$y \text{ (пар занятый донник, \%)} = 1,575 e^{0,003t} \quad (6),$$

$$y \text{ (пар сидеральный донник, \%)} = 1,523 e^{0,003t} \quad (7).$$

В севообороте чистым неудобренным паром тренд многолетней динамики гумуса складывался как перманентно-минимальный, а в севооборотах с регулярным поступлением органического вещества – циклически-флуктуационный, когда органической системе почвы свойственно относительное равновесие с детерминированно-стохастическими колебаниями.

Внесение удобрений, особенно навоза, в занятый и сидеральный донниковый пар еще больше обеспечивали положительное воспроизводство гумуса. Если внесение минеральных удобрений в занятом и донниковом пару увеличивало содержание гумуса относительно неудобренных вариантов всего на 2 и 2,5%, то применение навоза повышало его количество на 11,8 и 11,4% соответственно. В целом за семь ротаций увеличение запасов гумуса в слое 0-20 см в чистом пару от внесения навоза составило 6,8 т/га, в занятом – 4,5 и в сидеральном – 5,0 т/га. Большее влияние навоза в чистом пару, чем на донниковых парах, вполне закономерно, т.к. повышение гумуса в почве с более низким его содержанием требовало гораздо меньших доз свежего органического вещества.

Определение влияния севооборотов с различными видами пара на фракционно-групповой состав гумуса после двадцати восьми лет показало, что изменения, произошедшие в его качестве, прежде всего связаны с наиболее мобильными фракциями. В вариантах с внесением в поле чистого пара навоза, запашки подземной и надземной массы донника без внесения удобрений и с их применением отношение гуминовых кислот к фульвокислотам расширялось, приближаясь к единице в самом насыщенном варианте внесения органики (пар сидеральный с внесением навоза). Ранние исследования [6] также показали существенное повышение содержания углерода при внесении в почву растительных остатков в виде зеленой массы и корневых остатков донника с тенденцией изменения характера гумуса в сторону гуматности.

Высокое содержание фракции ГК-1 (7,5-8,8%) в вариантах с внесением органического материала после семи ротаций, с одной стороны, обуславливало более положительное соотношение ГК:ФК, с другой, говорило о постоянном обновлении гумусовых кислот. По истечении двадцати восьми лет на данных вариантах отмечался рост увеличения гуминовых кислот, связанных с Са, при достаточной доли подвижных ГК, что свидетельствовало не только о постоянном обновлении гумуса, но и некотором его усложнении. То есть при длительном постоянном внесении свежего органического вещества происходило улучшение качественного состава гумуса изучаемых почв.

Заключение. Воспроизводство гумуса, сохранение качественного состава в зернопаровых севооборотах сухой степи Бурятии достигается путем внесения в паровое поле навоза в дозе 40 т/га или возделывании в нем донника как на сидерат, так и на кормовые цели. Комбинированная система обработки почвы в 4-польном зернопаровом севообороте позволяет в достаточной степени предотвратить потери гумуса и создает наиболее благоприятные условия для образования гумусовых веществ с относительно хорошим качественным составом при увеличении глубины гумусового горизонта. Уровень содержания гумуса в старопахотных каштановых почвах в зависимости от систем севооборотов, обработки почвы и применения удобрений напрямую зависит от количества поступающего органического вещества, и в тренде многолетней динамики выделяются все типы: аккумуляционно-насыщающий, перманентно-минимальный, равновесно-сбалансированный и циклически-флуктуационный.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прянишников Д.Н. Учение об удобрении. М: Типография Рихтера, 1912. 370 с.
2. Лыков А.М. Гумус и плодородие почвы. М.: Моск. рабочий, 1985. 191 с.
3. Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах / В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев [и др.]. М.: МСХА, 1993. 93 с.
4. Шарков И.Н. Совершенствование концепции воспроизводства органического вещества в почвах зерновых агроценозов Сибири // Сибирский вестник с.-х. науки. 2003. № 2. С. 72-77.
5. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
6. Чимитдоржиева Г.Д. Органическое вещество холодных почв. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2016. 338 с.
7. Уланов А.К., Будажапов Л.В., Билтуев А.С. Динамика изменения содержания гумуса каштановой почвы Забайкалья в длительных опытах с основными приемами земледелия // Плодородие. 2017. № 2 (95). С. 42-45.
8. Уланов А.К., Будажапов Л.В., Билтуев А.С. Изменение содержания и состава органического вещества каштановой почвы под влиянием длительного агрогенного воздействия в условиях Бурятии // Агрохимия. 2017. № 9. С. 90-96.

9. Система земледелия Бурятской АССР // Рекомендации ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние БурНИИСХ. Новосибирск, 1989. 332 с.
10. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Колос, 1986. 280 с.
11. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: МГУ, 1981. С. 44-46.
12. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Либроком, 2009. 328 с.
13. Шарков И.Н. Минимизация обработки и её влияние на плодородие почвы // Земледелие. 2009. № 3. С. 15-20.
14. Научные основы систем земледелия Бурятии / В.Б. Бохиев, А.П. Батудаев, Т.П. Лапухин [и др.]. Улан-Удэ: БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2008. 480 с.
15. Ишигенов И.А., Максимов В.Е. Пути повышения плодородия почв и устойчивости земледелия в условиях Бурятии // Почвенные ресурсы Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1989. С. 137-141.
16. Барнаков Н.В. Донник в Забайкалье. Улан-Удэ, 1998. 71 с.

УДК 633.18: 631.417.2

А.Х. ШЕУДЖЕН, д-р биол. наук, академик РАН
Кубанский ГАУ им. И.Т. Трубилина, ВНИИ риса, Краснодар
О.А. ГУТОРОВА, канд. биол. наук
ВНИИ риса, Краснодар

СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ПОЧВАХ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ КУБАНИ

Специфические условия возделывания риса, связанные с затоплением почвы в течение 4-5 месяцев, оказывают непосредственное влияние на процессы гумусообразования. Ряд авторов указывают на уменьшение содержания гумуса в почве под рисом [1-3]. Одними из причин этого являются вынос водорастворимых органических веществ, образующихся в условиях восстановительного режима с последующим осаждением их в более глубоких слоях, и значительное сокращение поступления в почву растительных остатков [1, 4].

В состав органической части почвы входят водорастворимые продукты разложения остатков биоценоза [5]. Они занимают незначительную часть в составе всей органической массы. На долю неспецифических органических соединений почвы приходится около 20% суммарного органического вещества [6]. Водорастворимые органические вещества способны быстро трансформироваться под действием восстановительных процессов [7]. Поступая в почву, большая часть соединений претерпевает биodeградацию, приводящую к их быстрому исчезновению, меньшая сохраняется и эволюционирует путём потери растворимости в малополимеризованные гумусовые соединения. В зависимости от интенсивности биodeградации, скорости потери растворимости, проницаемости субстрата водорастворимые органические вещества мигрируют вниз по профилю, причём их роль в эволюции почв становится значительной [8].

Цель работы – изучить содержание и подвижность гумуса в почвах рисовых агроландшафтов Кубани.

Методика. Исследования проведены на рисовой оросительной системе ФГУ ЭСП "Красное" Красноармейского района Краснодарского края. По почвенно-географическому районированию территория предприятия относится к Приазово-Предкавказской почвенной провинции степной зоны обыкновенных и южных черноземов, почвенного округа низовьев р. Кубани с распространением почв лугово-степного и лугового типов. Природные условия почвообразования характеризуются умеренно-континентальным климатом; большой суммой положительных температур свыше 10°C (3600°C); сравнительно малым количеством осадков (КУ 0,3-0,4); неоднородным рельефом – грядобразные приеричные повышения, равнинные пространства и депрессии; нешироким разнообразием почвообразующих пород, представленных современными аллювиальными отложениями различного гранулометрического состава; произрастанием в прошлом лугово-степной растительности и довольно высоким уровнем залегания грунтовых вод (в летне-осенний период 2,0-2,5 м) [7].

Объект исследования – **лугово**-черноземная и лугово-болотная почвы, вовлеченные в рисовый севооборот. На ключевых участках были заложены почвенные разрезы, отбор почвы

проводили из выделенных почвенно-генетических горизонтов. В почвенных образцах определяли содержание общего гумуса по Тюрину со спектрофотометрическим окончанием по Орлову-Гриндель и легкоокисляемого водорастворимого гумуса в водной вытяжке при соотношении почвы к воде 1: 5 по Кубелю-Тиманну [9, 10].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали, что по количеству гумуса лугово-черноземная почва слабогумусная. Содержание его в пахотном слое находится в диапазоне 2,80-3,52% и постепенно снижается вниз по профилю. В почвообразующей породе гумуса содержится 0,60-0,92%.

Запасы гумуса в пахотном слое лугово-черноземной почвы варьируют в пределах 72,80-92,40 т/га. Наибольшие его запасы сосредоточены в подпахотном слое и могут достигать до 142,21 т/га. Это связано с вымыванием водорастворимых органических веществ в нижележащие слои почвы. Диапазон общего запаса гумуса в толще $A_{\text{пах}}+AB$ в зависимости от мощности почвы составляет 200,44-400,80 т/га.

В зависимости от предшествующей культуры рисового севооборота содержание легкоокисляемого водорастворимого гумуса в пахотном слое лугово-черноземной почвы составляет 0,00319-0,00469%. По почвенному профилю он распределён неравномерно – наблюдается вынос из пахотного слоя в подпахотный горизонт А. При этом в почвообразующей породе содержание водорастворимого гумуса в 1,5-2,0 раза меньше, чем в поверхностном 0-20 см слое почвы (рис. 1).

В лугово-болотной почве содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,43-3,92%, что больше на 0,40-0,63%, чем в лугово-черноземной. В почвообразующей породе количество гумуса не превышает 0,57%. Причину указанного различия можно объяснить тем, что лугово-черноземная почва по сравнению с лугово-болотной находятся в условиях лучшей аэрации, поэтому растительные остатки подвергаются более интенсивной минерализации.

По запасам гумуса лугово-болотная почва сильно не отличается от лугово-черноземной, но значительно уступает ей в общем запасе гумуса в толще $A_{\text{пах}}+AB$, где они меньше в среднем на 62,79 т/га, что связано с небольшой мощностью почвы.

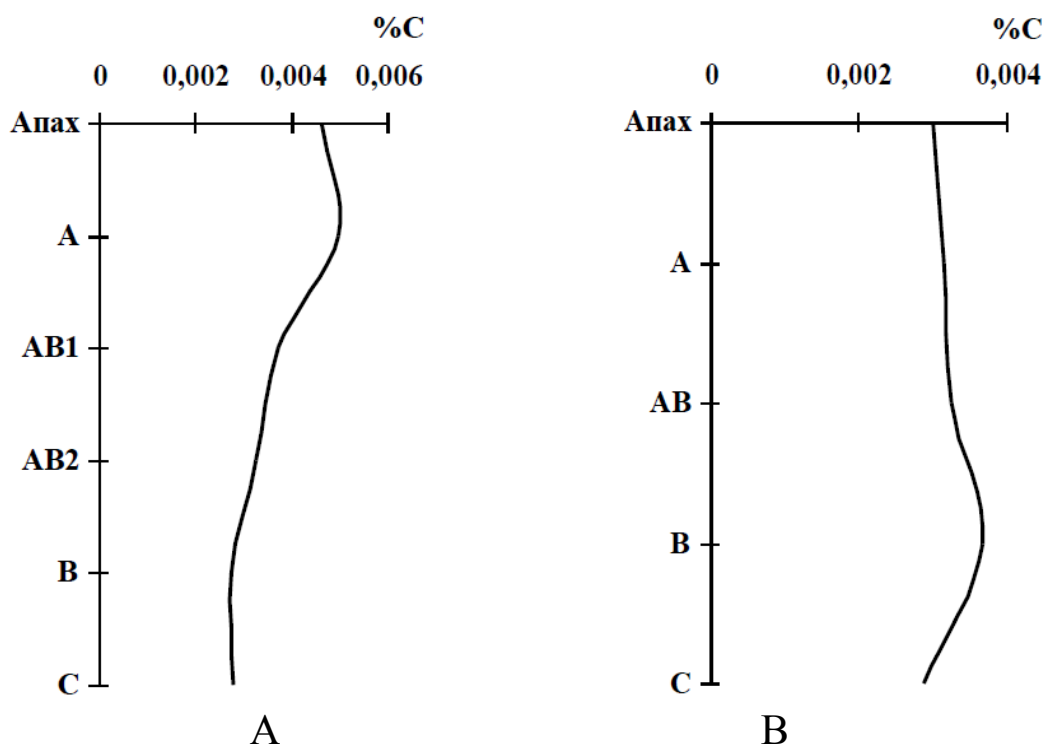


Рис. 1. Распределение водорастворимого гумуса по профилю рисовых почв (А – лугово-черноземная почва; В – лугово-болотная почва)

Исследования показали, что если в лугово-черноземной почве вынос водорастворимого гумуса за пределы пахотного слоя ограничивается накоплением в горизонте **А**, то в условиях лугово-болотной вынос отмечен на большую глубину профиля – в горизонты **АВ** или **В**. При этом его содержание в пахотном слое лугово-болотной почвы значительно меньше – на 0,00101-0,00166% С, чем в лугово-черноземной (рис. 1).

Такой характер миграции водорастворимого гумуса в почвах рисовых полей обусловлен тем, что восстановительные процессы, создающиеся в период их затопления, способствуют образованию железоорганических комплексов, которые могут мигрировать по профилю как в нейтральной, так и в щелочной среде, что свойственно для исследуемых почв.

Лучшие условия для накопления в рисовых почвах общего и легкоокисляемого водорастворимого гумуса создаются после многолетних трав. За время их возделывания в пахотном слое почвы преобладают процессы синтеза гумусовых веществ над их разложением.

Положительное влияние на гумусообразование оказывает занятая пар. Но накопление водорастворимого гумуса идет менее интенсивно, чем под многолетними травами, что связано с меньшим поступлением в почву свежего органического вещества.

Возделывание риса в течение 2-х и 3-х лет способствует снижению содержания общего и особенно водорастворимого гумуса по сравнению с промежуточными культурами, выращиваемыми в рисовом севообороте.

Таким образом, в лугово-черноземной почве процессы минерализации органического вещества значительно выше, чем в лугово-болотной. Этим и объясняется более высокое содержание гумуса в последних (на 0,40-0,63%). Однако на фоне повышенной обеспеченности лугово-болотной почвы гумусом наблюдается более интенсивный вынос водорастворимых органических веществ из пахотного слоя в нижележащие горизонты. Процессы миграции водорастворимого гумуса создаются при затоплении рисовых чеков, когда почва находится в восстановленном состоянии. Такие условия негативно сказываются на гумусообразовании и продуктивности лугово-болотной почвы – урожайность риса на 12,4 ц/га меньше, чем на лугово-черноземной [11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаева С.А., Майнашева Г.М. Влияние орошения методом затопления на свойства чернозёмов // Проблемы ирригации почв юга чернозёмной зоны. М.: Наука, 1980. С. 126-141.
2. Кириенко Т.Н. Рисовые поля Украины и пути оптимизации почвообразовательных процессов. Львов: Вища школа, 1985. 184 с.
3. Неунылов Б.А. Повышение плодородия почв рисовых полей Дальнего Востока. Владивосток: Приморское кн. изд-во, 1961. 239 с.
4. Гуторова О.А., Шеуджен А.Х. Влияние возделывания риса на содержание органического вещества в почве // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. №1. С. 22-24.
5. Коротков А.А., Суворов А.Н. О процессах взаимодействия воднорастворимых продуктов растительных остатков с минеральной частью почвы // Гумус, почвообразование и плодородие почв: Зап. Лен. с.-х. ин-та. Л., 1970. Т. 137. Вып. 4. С. 76-84.
6. Паников Н.С., Садовникова Л.К., Фридланд Е.В. Неспецифические соединения почвенного гумуса. М.: Москов. ун-т, 1984. 144 с.

7. Гуторова О.А., Шеуджен А.Х., Ладатко А.Г. Подвижность водорастворимого органического вещества почвы при возделывании риса // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. №1. С. 28-30.
8. Дюшофур Ф. Основы почвоведения / пер. с фр. М.: Прогресс, 1970. 436 с.
9. Орлова Н.Е., Бакина Л.Г., Орлова Е.Е. Методы изучения содержания и состава гумуса. СПб.: С.-Петербург. ун-т, 2007. 145 с.
10. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 488 с.
11. Влияние мелиоративного состояния на свойства почв рисовых агроландшафтов Кубани и их продуктивность / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, В.В. Аношенков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2017. №08(132). С. 218-230.

УДК 631.459.01

М.Н. СОРДОНОВА, канд. с.-х. наук
ФГБНУ Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЭРОДИРОВАННОЙ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ

Наибольший удельный вес в пашне Республики Бурятия имеют каштановые почвы, потенциальное плодородие которых невысокое. Это обуславливается легким гранулометрическим составом, укороченным профилем, низкой водоудерживающей способностью. Кроме этого из-за экстремальных условий региона (интенсивный ветровой режим и частые засухи) большая часть пашни охвачена эрозией.

Интенсивное антропогенное воздействие почти всегда нарушает облик и состояние почв, а также существенно изменяет их свойства. Особенно это заметно на эрозионно-опасных землях. Наиболее серьезные негативные последствия дефляции встречаются в районах с низким, неустойчивым количеством

осадков, высокими температурами и скоростями испарения, а также сильными ветрами.

Эрозия в Бурятии приняла характер стихийного бедствия. Из общей площади пашни на долю эродированной и потенциально опасной приходится 66% [1]. Пространственное перераспределение и сортировка частиц в процессе ветровой эрозии может оказывать существенное влияние на изменение агрофизических и агрохимических свойств почвы.

Для того чтобы определить степень влияния дефляции на этот процесс согласно методике исследований, нами были выбраны участки, длительно используемые в качестве пашни (40-48 лет), и смежные целинные, каштановой легкосуглинистой и каштановой среднесуглинистой почвы, а также участки каштановой легкосуглинистой почвы, ежегодно обрабатываемые (в течение 24 лет): отвальная обработка на глубину 20-22 см; плоскорезная обработка на глубину 20-22 см; плоскорезная обработка на глубину 27-30 см; комбинированная система обработки паров с глубокой, до 30 см вспашкой летом и плоскорезной обработкой под вторые и третьи культуры севооборота; бессменный пар; залежь в виде естественного залужения.

В условиях Бурятии большое значение структурно-агрегатного состояния обусловлено подверженностью легких степных почв ветровой эрозии. К сожалению, агробиологические условия региона мало способствуют формированию водпрочных агрегатов. Почвенный гумус беднее гуминовой кислотой, чем, например, на ЕТР или в Западной Сибири. Эти кислоты быстро обезвоживаются и стареют при иссушении в аридных условиях, а также при глубоком и сильном промораживании. Следующей предпосылкой для плохо выраженной агрегатности почв Бурятии является высокое содержание крупнодисперсных элементарных частиц, что в силу их поверхностной инертности и большой массы не способствует склеиванию и оструктуриванию.

При сельскохозяйственном использовании почв под действием механических обработок разрушается и распыляется структура, что приводит к повышению количества эрозионно-опасной фракции, которая постепенно выдувается из почвы. Неблагоприятное структурно-агрегатное состояние проявляется

в преобладании микроагрегатных ($< 0,25$ мм) весьма эрозионно-опасных фракций, достигающих на пашне довольно больших величин. На основании полученных данных выведены следующие уравнения:

$$y = 42,56 - 2,37x + 0,1416x^2 - 0,002x^3, r=0,9919$$

где y – количество агрегатов размером >1 мм, x – количество физической глины (фракции $< 0,01$ мм).

$$y = 1,315 + 0,1068x - 0,004x^2 + 0,00005x^3, r=0,9848$$

где y – коэффициент структурности, x – количество физической глины (фракции $< 0,01$ мм).

$$y = \exp(3,627 - 0,0134X) \text{ или} \\ y = e^{(3,627 - 0,0134X)}, r = 0,9790$$

где y – количество агрегатов размером $>0,25$ мм, X – количество физической глины (фракции $< 0,01$ мм). Регрессионные коэффициенты при (x) дают представление о темпах количественного изменения зависимых переменных (y). Данные уравнения рекомендуется использовать для целей прогноза агрофизического состояния почв.

Одним из показателей устойчивости почв к ветровой эрозии является связность почвенного комка. Каштановые почвы имеют низкую связность, которая в результате сельскохозяйственного использования еще более уменьшается в связи с отчуждением большого количества илистой фракции. Соответственно уменьшается и комковатость поверхности, что свидетельствует о повышении эродированности.

Очень большое количество эрозионно-опасной фракции отмечается в паровом поле, где колеблется от 60 до 75%. Подпахотные горизонты почвы также бесструктурны, слабо связаны, агрегаты не водопрочны, поэтому вовлечение их в пахотный слой не повышает оструктуренности и противоэрозионной устойчивости.

Различные системы обработок эродированной каштановой почвы практически также не влияют на комковатость, ее вели-

чина на всех вариантах продолжает оставаться ниже допустимых пределов. Это свидетельствует о том, что поверхность почвы абсолютно не ветроустойчива.

Таким образом, структурно-агрегатный состав каштановой почвы является весьма динамичным и при вовлечении в пашню подвергается сильному изменению, одновременно структура почвы не может служить диагностическим показателем для оценки эффективности агрономических систем (севооборот, разные системы обработок почвы, удобрения и т.д.).

В агрономической науке еще не известны методы определения абсолютных величин сноса почвы ветром. Большинство исследователей урон почвам от ветровой эрозии оценивают по снижению запасов гумуса в ней и мощности гумусового горизонта. Между тем, гумусное состояние почвы зависит не только от интенсивности эрозионных процессов (ветровой и водной), но и от многих других факторов.

Исходя из того, что каштановые почвы Бурятии не содержат водопрочных агрегатов, и при отмывке на ситах остаются лишь песчаные частицы, имеет смысл размеры сноса почвы ветром установить, определяя изменение ее опесчаненности за определенный период в связи с различным использованием пашни. Для этого предлагается метод отмывки и последующего разделения песка на различные фракции.

Опесчанивание возникает в результате селективного выдувания тонкодисперсных частиц и относительного накопления песчаных фракций. Процесс опесчанивания почв как одно из следствий дефляции впервые описан А.Г. Гаелем [2]. Впоследствии опесчаненность почв предложена в качестве самостоятельного показателя для оценки степени выдувания [3]. Для условий Забайкалья важен тот факт, что легкие по гранулометрическому составу почвы в результате дефляции подвергаются дальнейшему опесчаниванию.

Используя данные о выносе почвы можно рассчитать потери элементов питания в результате дефляции. Количество питательных веществ в выдутом мелкоземке определяется на основе данных валового содержания питательных веществ в почвах республики. Содержание питательных веществ в легкосуглинистой каштановой почве стационара взято по данным А.К. Уланова [4].

Расчеты, проведенные по методике ВНИИЗХ [5] показывают, что наибольшие ежегодные потери отмечаются на открытом участке каштановой легкосуглинистой почвы, на бесменном пару и составляют 59,1 т/га, а так же на поле севооборота – 41,5 т/га. На каштановой среднесуглинистой почве на открытом, не защищенном участке ежегодные потери составили 30,7 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Потери почвы в слое 0-30 см от дефляции в зависимости от различного использования пашни

Тип почвы	Прием использования	Срок использования, лет	Общие потери почвы, т/га	Ежегодные потери	
				почвы, т/га	в т.ч. фракций < 0,25 мм, т/га
каштановая легкосуглинистая, (защищенная лесополосой)	целина	40	контроль	-	-
	пашня	40	323	8,1	4,6
каштановая среднесуглинистая (открытая)	целина	48	контроль	-	-
	пашня	48	1475	30,7	17,3
каштановая легкосуглинистая (открытая)	залежь	15	контроль	-	-
	севооборот	15	623	41,5	23,2
	бесменный пар	15	887	59,1	33,1
	плоскорезные обработки	25	контроль	-	-
	отвальная обработка	25	486	19,4	10,4
	комбинированная система обработки	25	299	12,0	6,0

При ежегодной отвальной обработке по сравнению с плоскорезными потери почвы равны 19,4 т/га в год, по комби-

нированной величина потерь меньше и составляет 12,0 т/га. Наименьшие потери почвы отмечаются на легкосуглинистой каштановой почве, защищенной лесополосой, в двухпольном севообороте (пар – зерновые) в стационарном опыте Бурятского НИИСХ и составляют 8,1 т/га.

Потеря 59 т/га почвы при бессменном паровании каштановой почвы влечет за собой потерю 0,9 т гумуса, 70 кг азота, 100 кг фосфора, 1480 кг калия ежегодно. На пару в севообороте потери составляют 0,65 т гумуса, 46 кг азота, 66 кг фосфора, 1038 кг калия. На каштановой среднесуглинистой почве потери элементов питания равны 0,65 т гумуса, 70 кг азота, 50 кг фосфора, 920 кг калия.

На участке каштановой почвы, защищенной лесополосой, потери элементов питания наименьшие – 0,13 т гумуса, 10 кг азота, 10 кг фосфора, 200 кг калия. Ежегодная потеря почвы при отвальной обработке в размере 19,4 т/га приводит к отчуждению 0,31 т гумуса, 20 кг азота, 30 кг фосфора, 490 кг калия. При комбинированной системе обработки потери элементов питания значительно меньше и составляют 0,19 т гумуса, 10 кг азота, 20 кг фосфора, 300 кг калия.

Комбинированная система обработки почвы в севообороте, рекомендованная и принятая в производстве, по сравнению с отвальной системой на 40% снижает потери почвы от ветровой эрозии, что свидетельствует о потенциальных возможностях дальнейшего совершенствования почвозащитной системы обработки почвы в условиях Бурятии.

Сравнивая ежегодные потери почвы с допустимыми величинами потери их от эрозии, нужно констатировать, что в условиях Бурятии лишь на защищенных лесополосой полях происходит умеренная потеря, последняя, по определению некоторых ученых, составляет ежегодно от 3,36 до 12,18 тонн на 1 гектар [6]. Однако при этом полного восстановления потерь за счет естественного процесса почвообразования ожидать не приходится. На паровых же полях и при существующей системе обработки почвы в севооборотах потери более чем 2,4-6,5 раз превышают допустимые величины.

Таким образом, темпы потерь почвы в результате дефляционных процессов по сравнению с периодом почвообразова-

тельного процесса являются катастрофическими. В настоящий момент этот процесс усугубляется процессами изменения климата и явлениями опустынивания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелиорация легких почв в контексте современных вызовов / А.И. Куликов, А.Ц. Мангатаев, М.Н. Сордонова [и др.]. Улан-Удэ: БНЦ, 2014. 487 с.
2. Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф. Пески и песчаные почвы. М.: Геос, 1999. 252 с.
3. Бельгибаев М.Е. Определение глубины выдувания почв по их опесчаненности // Рациональное использование и охрана природных ресурсов Северного и Центрального Казахстана. Алма-Ата: Кайнар, 1981. С. 31-33.
4. Уланов А.К., Сордонова М.Н., Будажапов Л.В. Изменение гумусного состояния каштановой почвы при длительном изучении севооборотов с различными видами пара в условиях сухой степи Бурятии // Плодородие. 2016. № 1 (88). С. 19-22.
5. Методика определения нормативов прибавок урожая зерновых культур от внедрения агротехнических мероприятий по защите почвы от ветровой эрозии. М.: ВНИИЗХ, 1983. 29 с.
6. Долгилевич М.И. Особенности ветровой эрозии почв и применение агролесомелиоративных мероприятий в Западной Сибири // Защита почв Сибири от эрозии и дефляции. Новосибирск: Наука, 1981. С.15-22.

УДК 635.655(571.12)

А.С. ИВАНЕНКО, д-р с.-х. наук, профессор,

А.Н. СОЗОНОВА, аспирант

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет

Северного Зауралья, г. Тюмень

СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ СОИ НА ОБРАБОТКУ СЕМЯН ШТАММОМ 634В BRADYRNIZOBIUM JAPONICUM

Д.Н. Прянишников жил и работал в первой половине XX века, когда промышленности азотных удобрений в царской России и Советском Союзе или не существовало, или она только создавалась. Д.Н. Прянишников поэтому уделял большое внимание возделыванию бобовых растений, которые обладают

генетически обусловленной способностью усваивать свободный азот атмосферы и переводить его в азотистые соединения, необходимые и пригодные растениям, с помощью клубеньковых бактерий, поселяющихся на их корнях.

В 1934 г. была издана книга Д.Н. Прянишникова «Агрохимия» [1], в которой был раздел «Непосредственное использование азота воздуха на удобрение поля», состоящий из двух параграфов «Зелёное удобрение» и «Бактериальные удобрения».

«Кроме технических способов связывания азота воздуха, – писал Д.Н. Прянишников, – возможно использование солнечной энергии для непосредственного обогащения азотом поля, подлежащего удобрению, – это путь культуры на зелёное удобрение наиболее активных азотосбирателей из растений семейства бобовых; это путь самый дешёвый... Однако положительная роль посева бобовых сказывается... на азотном балансе лишь в том случае, если обеспечено заражение растений клубеньковыми бактериями. Если такое заражение почему-то отсутствует, то бобовые, как и все другие растения, используют для питания имеющиеся в почве усвояемые формы азотистых веществ. Такое «бесклубеньковое» развитие бобовых растений чаще всего можно наблюдать при введении новых культур, ранее на этой почве не возделывавшихся... При посевах сои в Европейской части СССР также часто не происходило заражения бактериями естественным путём. Чтобы обеспечить образование клубеньков, а, следовательно, и фиксацию азота, надо заботиться об искусственном заражении их соответствующими клубеньковыми бактериями».

Соя, как и другие бобовые культуры, обладает способностью к симбиозу с бактериями, которые усваивают атмосферный азот и переводят его в связанное состояние в виде азотистых соединений. Бактерии живут в почве, через две недели после появления всходов сои они проникают в корни, развиваются там и образуют разного размера опухоли (клубеньки) на боковых корешках. Эти клубеньковые бактерии – аэробные палочки диаметром 0,1-0,4 мм – относятся к родам *Rhizobium* или *Bradyrhizobium*. Проникнув через корневые волоски в клетки сои, они превращаются в бактерионы и, питаясь веществами,

которые создают растения сои, снабжают их необходимыми для роста и развития азотистыми солями [2].

На сое более эффективно работают бактерии *Bradyrhizobium*. В почвах Тюменской области их нет, поэтому в обычных посевах сои на корнях клубеньков нет. По этой причине соя не выполняет своей биологической роли – не усваивает атмосферный азот, не снабжает его соединениями почву. Чтобы это произошло, надо перед посевом семена обрабатывать (инокулировать) бактериями. Для этого готовится и продаётся бактериальный препарат ризоторфин на основе торфа [3-6] и некоторые штаммы названных бактерий.

Чтобы от предпосевной обработки была польза, надо внести вирулентные штаммы, бактерии которых в большом количестве проникают в корни и образуют много клубеньков, интенсивно фиксирующих азот. На процесс азотфиксации сильно влияют условия выращивания: температура и влажность почвы, кислотность её, доступ кислорода воздуха (аэрация). В почве должны быть соли железа, молибдена, кобальта, которые положительно влияют на азотфиксацию. Должны быть созданы оптимальные условия для роста и развития растений сои, чтобы хорошо шёл фотосинтез – для фиксации азота надо много сахаров [2].

Опыты в России и других странах мира показали, что обработка семян сои перед посевом клубеньковыми бактериями увеличивает урожайность на 1,5-4,0 ц/га, прибавка содержания белка в семенах достигает 17-47%. Симбиоз сои с бактериями способен удовлетворить до 80% потребности её растений в азоте [2]. Д.Н. Прянишников в своей «Агрохимии» сообщал результаты опытов 1934-1938 гг. В 85 опытах прибавка семян сои колебалась от 1,3 до 2,85 ц/га. В 1970-1980-е гг. в географических опытах проверяли эффективность обработки семян сои штаммами азотфиксирующих бактерий. В 70% случаев получены достоверные прибавки разной величины [4].

Однако прибавка от инокуляции микроорганизмами получается не по всем показателям. В институте биологии ТюмГУ изучали влияние штамма 626а и 634в на 22 показателя растений и их урожая. Достоверная прибавка получена по шести показателям, на уровне контроля было большинство показателей, достоверно ниже был только один показатель [5].

Мы изучали влияние клубеньковых бактерий штамма 634в *Bradyrhizobium japonicum* на рост и развитие растений сортов Эльдorado и Светлая. Цель работы: выявить особенности реакции двух сортов сои разных экотипов и происхождения на обработку семян штаммом 634в. Эльдorado – сорт сибирского экотипа из Омска, Светлая – северного экотипа из Рязани. Оба сорта скороспелые. Культура бактерий получена от кафедры ботаники ТюмГУ. Наклюнувшиеся семена выдерживали три часа в воде с суспензией бактерий и высаживали на глубину 4-5 см. Борозды проливали этой же водой.

Наблюдения показали, что растения, обработанные и необработанные бактериями, росли и развивались практически одинаково, иногда расхождения не превышали 1-3 суток. Определяли площадь листьев в фазу начала цветения, после уборки сделали морфологический анализ растений.

В 2016 г. слабый эффект от обработки семян азотфиксирующими бактериями произошёл в результате неблагоприятных погодных условий вегетационного периода: почва имела низкую влажность и повышенную плотность. По этим причинам клубеньки образовались только у корневой шейки по 5-8 шт. на растение, в глубине почвы на корнях не было ни одного клубенька. Однако они были крупные, размером с пшеничное зерно и крупнее. Высокая температура воздуха почвы также не способствовала развитию микроорганизмов.

В 2017 г. погодные условия были более благоприятные, почва была более рыхлой и влажной, поэтому клубеньки образовались, и в глубоких её слоях, их было существенно больше. У посеянных на прошлогоднем участке растений сои на корнях образовались клубеньки: бактерии остались в почве живыми. Опыты в производственных условиях показали, что клубеньковые бактерии намного лучше развиваются на корнях сои при повторном посеве на этом же месте, чем в первый год. Средние за 2016-2017 гг. результаты анализов растений и семян по 16 показателям представлены в таблице 1.

Сведения, представленные в таблице, весьма противоречивые. По одним показателям у обработанных растений показатели лучше, по другим – хуже, чем у растений стандарта.

Таблица 1

**Эффективность бактериального штамма 634в на сое
(2016-2017 гг.)**

Показатели	Сорт Эльдorado			Сорт Светлая		
	без бак-терий (ст.)	штамм М 634 в	+,- к ст.	без бак-терий (ст.)	штамм 634 в	+,- к ст.
облиственность растений, %	45	37	-	34	32	-
площадь листьев на 1 кв. м, кв. м	9,4	8,6	-	9,9	9,7	-
число узлов стебля, шт.	14	15	+	14	14	0
% плодоносящих узлов	75	82	+	72	69	-
высота стеблей, см	105	115	+	112	114	+
число бобов на 1 раст., шт.	23	32	+	25	25	0
число семян в бобе, шт.	2,6	2,5	-	2,7	2,6	-
число семян на 1 раст., шт.	68	80	+	68	65	-
урожай семян с 1 раст., г	10,1	12,1	+	8,1	7,9	-
урожай семян с деланки, г	306	363	+	243	237	-
масса 1000 семян, г	150	151	+	119	121	+
% протеина в семенах	43,0	44,7	+	40,0	39,7	-
% жира в семенах	20,3	18,4	-	20,2	19,2	-
% 3-х семянных бобов	54	54	0	55	49	-
% 2-х семянных бобов	38	30	-	35	33	-
% 1-но семянных бобов	7	11	+	6	14	+

У с. Эльдorado из 16 показателей плюс от обработки был по 10 показателям – 62,5 %, у с. Светлая плюсы получены всего по 3 показателям – 18,8 %. В этой разнице видна сортовая реакция на обработку штаммом бактерий семян перед посевом: на с. Эльдorado эффективность обработки семян бактериальным штаммом оказалась выше, чем на с. Светлая. В таблице представлены средние за годы опытов результаты, но ежегодно у сорта Светлая положительных результатов было меньше. Это надо учесть при использовании штамма 634в на сортах сои: не

все сорта могут положительно отзываться на этот агроприём. Надо проверять реакцию сортов и на другие штаммы бактерий.

От обработки семян сорта Эльдorado бактериальным препаратом урожай семян с каждого растения увеличился на 19,8%, а с деланки – на 18,6% – 57 г. Увеличилось содержание протеина в семенах, но снизилось количество жира. Такая закономерность в соотношении этих главных веществ для семян сои характерна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прянишников Д.Н. Агрoхимия // Избранные сочинения. Т. 1. М.: Сельхозгиз, 1952. С. 320-342.
2. Зернобобовые культуры/ Д. Шпаар, Ф. Элемер, А. Постников [и др.]. Минск: Худинформ, 2000. 264 с.
3. Соя / под ред Ю.П. Мякушко и В.Ф. Баранова. М.: Колос, 1984. С. 26.
4. Соя / А.К. Лещенко, В.И. Сичкарь, В.Г. Михайлов [и др.]. Киев: Наукова думка, 1987. С. 18.
5. Боме Н.А., Гальчинская Т.И. Возделывание сои в условиях юга Тюменской области // Первый международный форум «Зерновые бобовые культуры – развивающееся направление в России» (18-22 июля 2016 г., г. Омск). Омск: ПЦ КАН, 2016. С. 28-31.
6. Иваненко А.С., Созонова А.Н. Динамика стеблестоя в посевах сои в лесостепи Тюменской области // Коняевские чтения - 6. МНПК 13-15 декабря 2017 г., Екатеринбург. Екатеринбург: УрГАУ, 2018. С. 258-261.

УДК 631/635; 502/504; 911

Е.П. ЯКОВЛЕВА, ст. науч. сотр.
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», г. Лобня

СОСТОЯНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Изучение состояния сельскохозяйственных угодий, их территориального размещения, биологических и экологических закономерностей, природно-ресурсного потенциала, особенностей использования является одной из насущных задач аграрной науки. Решению этой задачи посвящено агроландшафтно-экологическое районирование (АЭР) природно-экономических районов Российской Федерации, осуществляемое во ВНИИ

кормов им. В.Р. Вильямса (с 2018 г. – ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»).

АЭР представляет собой единую научно-обоснованную систему деления территории, учитывающую закономерности распределения природных ресурсов, а также особенности их использования в земледелии, животноводстве, кормопроизводстве, оптимизации агроландшафтов, рациональном природопользовании. Материалы АЭР дают возможность осуществлять прогноз изменений земельных угодий в результате их чрезмерной эксплуатации или, напротив, при снижении антропогенных нагрузок на них [1–5].

Выработка и реализация оптимальных норм антропогенных нагрузок на агроландшафты в целом и на отдельные их элементы должны проводиться с учетом их экологического состояния. Поэтому впервые при разработке АЭР наряду с традиционными показателями (климат, рельеф, почвы, растительность и др.) приведены показатели качества земель и экологическое состояние наиболее значимых земельных угодий: пашни, природных кормовых угодий (ПКУ), лесов.

Омская область входит в состав Западно-Сибирского экономического района, ее площадь составляет 14114,0 тыс. га. Расположена на юге Западно-Сибирской равнины, в среднем течении Иртыша. Климат континентальный, средняя t января - 19-20°C, июля – 17-18°C в северной половине, 19°C на юге. Количество осадков на севере 400-500 мм в год, на крайнем юге – менее 300 мм. Для южной половины области характерны засухи (слабые бывают ежегодно). Рельеф преобладает плоский, реже пологоволнистый (в области практически отсутствуют крутосклоновые угодья). В почвенном покрове преобладают почвы глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава (более 85 %), примерно в равном соотношении.

Омская область является крупным сельскохозяйственным регионом Сибири. Здесь хорошо развито зерновое хозяйство, особенно производство пшеницы (в структуре посевных площадей ей занято 54%). Выращивают ячмень, овес, зернобобовые и др. Кормовые травы и прочие кормовые культуры занимают 25% посевных площадей. В период с 2006 по 2016 гг. посевные площади увеличились почти на 100 тыс. га (на 97 тыс. га

возросли посевы зерновых и зернобобовых, на 100 тыс. га – технических культур). При этом уменьшились площади кормовых культур на 77 тыс. га, картофеля и овощных – на 20 тыс. га. Вторым важным направлением в сельском хозяйстве области является молочно-мясное животноводство. Эта отрасль характеризуется сокращением поголовья крупного рогатого скота (за тот же период с 610 тыс. голов до 422 тыс. голов, т.е. на 31%). На ключевые позиции выходит свиноводство, а также успешно развиваются птицеводство и овцеводство [6].

В границах АЭР территория Омской области расположена в 4-х природных зонах – Южнотаежной (ЮТ-зона), Мелколиственно-лесной (МЛ-зона), Лесостепной (ЛС-зона) и Степной (С-зона), 4-х провинциях и 10 округах (в ЮТ-зоне 3 округа, в МЛ-зоне – 2, в ЛС-зоне – 2, в С-зоне – 3). Площади и структура землепользования в зонах отражены в таблице 1.

Сельскохозяйственные угодья области занимают 6720,7 тыс. га, что составляет 47,6% от общей площади.

В разных зонах Омской области существуют большие различия в использовании земельных угодий, а, следовательно, и в характере нагрузок на почвы. Интенсивность нагрузки на почву в первую очередь влияет на экологическое состояние сельскохозяйственных угодий.

Таблица 1

Структура земельных угодий по зонам Омской области, %

Зоны	Площадь		Земельные угодья							
	тыс. га	% к общей площади	пашня	сенокосы	пастбища	леса	кустарники	под водой	болота	другие угодья
ЮТ	4164,6	29,5	6,0	3,6	2,2	61,3	0,5	1,3	23,4	1,7
МЛ	2376,5	16,8	11,0	10,4	8,1	42,1	0,4	2,5	22,9	2,6
ЛС	3458,3	24,5	27,1	15,4	15,1	21,8	0,6	2,9	11,5	5,6
С	4114,6	29,2	67,7	4,1	11,5	7,2	0,9	1,8	1,9	4,9
Итого по области	14114,0	100,0	29,4	7,8	9,0	33,1	0,6	2,1	14,4	3,6

Анализ экологического состояния земельных угодий для всех единиц районирования базировался на статистических данных Роскомзема по административным областям (табл. 2).

Таблица 2

Качественная характеристика сельскохозяйственных угодий Омской области (% к общей площади)

Показатели	Сельскохозяйственные угодья		
	пашня	сенокосы	пастбища
Общая площадь, тыс.га	4156,5	1096,2	1265,6
эрозионноопасные, всего	3,6	0,3	0,7
из них эродировано	3,6	0,3	0,7
дефляционноопасные, всего	56,8	0,2	1,1
из них дефлировано	28,2	0,2	1,1
Переувлажненные	9,8	44,7	32,5
Заболоченные	0,5	11,3	9,4
засоленные, всего	15,2	33,6	37,0
из них сильно	6,0	3,3	5,4
солонцеватые и солонцовые комплексы	22,3	39,1	44,4
кислотность почв, всего	32,0		
в т.ч. средне	3,6	нет данных	нет данных
сильно	1,5		

Наибольшую угрозу для сельхозугодий Омской области представляет процесс дефляции почв. Меньшее негативное воздействие на земельные угодья оказывают переувлажнение и заболачивание. Кроме того, имеют место процессы засоления и солонцеватости. Особенно они распространены на ПКУ. К негативным факторам 2-го порядка, не отраженным в таблице, относятся зарастание угодий мелколесьем и кустарником, а также опустынивание. В таблице приведены данные для Омской области в целом. Естественно, что они разнятся по природным зонам.

Основным критерием оценки экологического состояния пахотных земель является доля эродированных и (или) дефлированных почв от общей площади пашни. Удовлетворительным считается состояние, если эта доля не превышает 5%, напря-

женным – 5-15%, тяжелым – 15-30%, кризисным – 30-50%. Критерием оценки экологического состояния ПКУ является степень их деградации под влиянием сенокосно-пастбищного использования и промышленного освоения территории: хорошее – слабая локальная; удовлетворительное – слабая, местами средняя; напряженное – средняя, местами сильная; кризисное – сильная, местами необратимая. Критерием оценки экологического состояния лесов является соотношение коренных и вторичных лесов [7]. Состояние лесов в Омской области кризисное (преобладают вторичные березовые и березово-осиновые леса, в южной половине – колочного типа), за исключением ЮТ-зоны, где оно оценивается как напряженное. Ниже приводится краткая характеристика природных зон Омской области.

Южнотаежная зона занимает 29,5% площади области. Почвенный покров здесь представлен торфяными болотными, дерново-подзолисто-глеевыми со вторым гумусовым горизонтом, дерново-подзолистыми иллювиально-железистыми почвами.

В составе ПКУ преобладают суходольные злаково-разнотравные травостой, значительны площади вейниковых лугов как на суходольных, так и на низинных местообитаниях. Видовой состав и использование краткопоемных угодий сходен с водораздельными. Наиболее ценные сенокосные луга расположены в поймах Иртыша и Ишима.

Сельскохозяйственная освоенность в зоне очень низкая – распаханно всего 6,0% территории. Это связано со значительным спадом сельскохозяйственной деятельности в северной части области. В последние 20-25 лет здесь происходило сокращение посевных площадей, поголовья скота и даже закрытие предприятий. Оставшиеся хозяйства характеризуются малотоварным убыточным производством с очень низкой продуктивностью. Основное направление – молочно-мясное животноводство. Пашни в основном заняты кормовыми культурами и многолетними травами; из зерновых преобладают ячмень, овес, рожь. Сельскохозяйственные угодья характеризуются мелкоконтурностью и повышенной долей залежей, частично зарастающих древесно-кустарниковой растительностью.

Экологическое состояние пахотных земель оценивается здесь как удовлетворительное, местами напряженное, т.к.

нагрузки на почвы наименьшие. Состояние ПКУ – напряженное. Из-за оставления значительных площадей ПКУ без использования усилились нагрузки на оставшиеся сенокосы и пастбища, особенно прилегающие к населенным пунктам, что привело к усилению деградации их травостоев и поверхности.

Общие рекомендации по повышению продуктивности сельхозугодий в ЮТ-зоне сводятся к следующему: 1) достаточное внесение органических и минеральных удобрений на пахотных землях, известкование кислых почв, углубление пахотного горизонта; 2) возврат в сельхозоборот брошенных пашен, не успевших зарости лесом; 3) расширение площадей сеяных лугов за счет участков пашни на дерново-глеевых почвах, где посевы зерновых и других культур в сырые годы вымокают; 4) для укрепления средостабилизирующей и продукционной функций ПКУ организовать их рациональное использование. В первую очередь исключить перевыпас пастбищ, несвоевременный выпас на сырых пастбищах, смешанное использование сырых сенокосов. Для наиболее ценных пойменных лугов оставить только сенокосное использование. Произвести перезалужение деградированных ПКУ.

Мелколиственно-лесная зона занимает наименьшую площадь – 16,8% от общей площади области. Природные условия очень близки к ЮТ-зоне. Значительны различия в почвенном покрове – здесь он достаточно пестрый: в центральной части перемежаются луговые солонцеватые и солончаковатые, луговые, торфяные болотные, лугово-болотные почвы; по периферийной части распространены серые лесные осолоделые почвы; в южной части – луговые солонцы.

В составе ПКУ преобладают суходольные луга с хорошим ботаническим составом и урожайностью. В их число входят и старосеянные луга. В местах чрезмерного выпаса видовой состав травостоев резко меняется – выпадают ценные злаки, увеличивается доля разнотравья, доминантом становится клевер ползучий. В МЛ-зоне довольно распространены пастбища по лесам с вейниково-коротконожковыми, разнотравно-злаковыми травостоями. Лучшие сенокосные луга встречаются в пойме Иртыша, но преобладают там канареечниково-осоково-

разнотравные травостои. Для южной части зоны характерны остепненные луга и луговые степи.

Сельскохозяйственная освоенность низкая – распаханно 11% территории зоны. Здесь в постперестроечный период тоже происходило снижение сельскохозяйственной деятельности. В настоящее время хозяйства зоны ориентированы на производство молока и мяса. Посевные площади находятся на обслуживании животноводства, т.е. на производстве кормов.

Экологическое состояние пахотных земель удовлетворительное. Этому во многом способствует тот факт, что в МЛ-зоне площади ПКУ более чем в 1,5 раза превышают площадь пашни. Обеспечение кормами хотя бы частично с естественных сенокосов и пастбищ снижает нагрузку на пахотные земли. Состояние самих ПКУ варьирует от удовлетворительного до напряженного. Снижать нагрузки на ПКУ помогают пастбища побочного пользования (по лесам) и старые залежи, заросшие пыреем, кострцом, вейником и др., используемые под сенокосение. В селитебных зонах экологическое состояние пастбищ напряженное. Так же оценивается состояние пойменных ПКУ – их более богатые травостои используются неоправданно интенсивно.

Рекомендации по оптимизации агроландшафтов МЛ-зоны те же, что и в ЮТ-зоне. Но здесь необходимо добавить проведение агротехнических и гидротехнических мероприятий по регулированию солевого и солонцового процессов, особенно на пахотных землях в южной части зоны.

Лесостепная зона занимает почти четверть (24,5%) площади Омской области. В почвенном покрове преобладают солонцы луговые (гидроморфные), лугово-черноземные солонцеватые и солончаковатые и луговые солонцеватые и солончаковатые почвы.

В типологическом составе ПКУ господствуют лугово-степные и остепненные полидоминантные травостои и их пастбищные модификации. На втором месте низинные, большей частью галофитные луга на солонцеватых и солончаковатых почвах. Площади заливных лугов не превышают 5% в структуре типологического состава ПКУ. Используются они главным образом под выпас, что значительно ухудшает их состояние, из-

начально хорошее как по качеству травостоев, так и по урожайности.

Сельскохозяйственная освоенность в ЛС-зоне средняя – распаханность составляет 27,1%. В сельскохозяйственном производстве, наряду с развитым земледелием (при повышенной доле зерновых в структуре посевных площадей), большую роль играет молочно-мясное скотоводство, а в последние годы его опережает активно развивающееся свиноводство. Использование земель здесь носит экстенсивный характер, внесение удобрений недостаточное, что влечет за собой неустойчивые и невысокие урожаи. Использование почв ЛС-зоны в земледелии без проведения мероприятий по их улучшению не дает большого эффекта. В большей степени эти почвы пригодны для ведения луго-пастбищного хозяйства.

Оценка экологического состояния пахотных земель неоднозначна: в центре зоны оно удовлетворительное, в западной части напряженное, в восточной – кризисное. Там, где идет увеличение посевов зерновых (особенно яровой пшеницы), а также технических культур при недостаточном внесении удобрений усиливается истощение почв. Где в севооборотах значительна доля многолетних трав, почвенное плодородие поддерживается. Так же обстоит дело и с ПКУ. В хозяйствах, где снизилось поголовье крупного рогатого скота, снизились и нагрузки на ПКУ, и их состояние оценивается как хорошее и удовлетворительное. Но уменьшение скота в хозяйствах привело к увеличению его поголовья у населения. Концентрация выпаса вблизи населенных пунктов привела к деградации пастбищ и их кризисному состоянию.

Повышение продуктивности пахотных земель в ЛС-зоне в первую очередь должно базироваться на увеличении доли многолетних трав в севооборотах до 40-50%. Кроме того, почвы ЛС-зоны требуют таких мероприятий, как гипсование, глубинная вспашка, фитомелиорация, внесение минеральных и органических удобрений, в некоторых случаях осушение. Улучшение ПКУ надо начинать с рационального их использования, организации сенокосо- и пастбищеоборотов, равномерного распределения пастбищных угодий, перезалужения деградированных пастбищ.

Степная зона занимает 29,2% площади Омской области. Почвенный покров представлен черноземами обыкновенными, преимущественно языковатыми, черноземами южными и остаточнокарбонатными и лугово-черноземными солонцеватыми и солончаковатыми почвами. На долю средостабилизирующих компонентов агроландшафтов приходится всего 25,6% площади зоны.

Пастбища занимают площадь почти в 3 раза превышающую площадь сенокосов (11,5% и 4,1% соответственно). Наиболее распространены степные типчаковые, типчаково-ромашниковые, типчаково-солонечниковые, полынные пастбища разной степени сбитости. В северной части зоны еще велико влияние лесостепи и здесь преобладают лугово-степные ПКУ, в т.ч. по мелколиственным колкам. Сенокосы приурочены к поймам рек. Луга хорошего качества распространены в поймах Иртыша и Оби. Выкашивают также старые пырейномятликовые залежи.

Сельскохозяйственная освоенность территории очень высокая – распаханно 67,7% площади зоны; в самых южных районах области распаханность превысила 80% (Русско-Полянский, Нововаршавский, Павлоградский, Одесский). Сельское хозяйство С-зоны в настоящее время ориентировано на производство зерна, главным образом, яровой пшеницы. Площади под этой культурой увеличиваются за счет снижения доли кормовых культур, в т.ч. многолетних трав и распашки пастбищ. Хозяйства постепенно переходят на интенсивный путь использования земель. Особенно этот процесс прогрессирует на территориях, примыкающих к Иртышу и к областному центру. Здесь сосредоточены наиболее крупные предприятия с многопрофильным сельским хозяйством, характеризующимся повышенной концентрацией скота, повышенным внесением удобрений, повышенной урожайностью культур.

Однако увеличение в севооборотах посевов яровой пшеницы и технических культур с одновременным снижением доли многолетних трав отрицательно сказывается не только на плодородии почв, но оказывает разрушающее воздействие на структуру верхнего слоя в результате многократного воздействия тяжелой сельхозтехники, что делает почву более уязвимой перед дефляцией. Северная граница наибольшего распро-

странения пыльных бурь проходит через Омск, т.е. практически вся степная часть области оказывается в зоне риска.

Экологическое состояние пахотных земель в С-зоне кризисное, местами тяжелое; ПКУ как водораздельных, так и пойменных – напряженное, местами кризисное.

Для выхода из создавшейся ситуации и сохранения плодородия почв С-зоны необходимо увеличить долю средостабилизирующих компонентов агроландшафтов до 50% за счет залужения дефлированных пахотных земель, перезалужения деградированных пастбищ; увеличить долю многолетних трав в севооборотах. Расчет доз органических и минеральных удобрений производить не только на планируемую урожайность, но делать прибавку на воспроизводство почвенного плодородия. В целях рационального использования пастбищ необходимо исключить перевыпас, снизить нагрузки и произвести подсев трав на сбитых угодьях, внедрить пастбищеобороты. Как на пашнях, так и на ПКУ необходимо проведение агротехнических и гидротехнических мероприятий по регулированию солевого и солонцового процессов.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о неблагоприятном экологическом состоянии агроландшафтов Омской области. Одной из причин этого является усиление поляризации в использовании земель, сдвига сельскохозяйственной деятельности с севера на юг, в районы с более благоприятными природными условиями. Этот процесс оказал негативное влияние на агроландшафты всей области. Если в ЮТ и МЛ зонах отрицательным фактором стало оставление сельскохозяйственных земель без использования, приведшее их к зарастанию лесом, усилению переувлажненности и заболачивания, то в ЛС, и особенно в С-зоне, основным негативным фактором стал рост нагрузок на пахотные почвы путем увеличения доли зерновых в севооборотах, за счет снижения площадей многолетних трав. Как уже отмечалось, зерновыми занято 68% посевных площадей, из них 54% – под пшеницей, под кормовыми культурами – лишь 2 % пашни. Такое размещение культур при недостаточном внесении удобрений ведет к истощению почв, к усилению процесса дегумификации. Баланс гумуса в пахотном слое на территории области отрицательный, менее 0,5 т/га [8].

Такая чрезмерная эксплуатация степных почв приводит к усилению процесса дефляции и к развитию опустынивания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрорландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова [и др.]. М.: Наука, 2015. 198 с.
2. Повышение устойчивости агрорландшафтов: рекомендации / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова [и др.]. М.: Росинформагротех, 2003. 44 с.
3. Рекомендации по созданию продуктивных и устойчивых агрорландшафтов / А. С. Шпаков, И. А. Трофимов, А. А. Кутузова [и др.]. М.: Россельхозакадемия, 2003. 44 с.
4. Рекомендации по устойчивости агрорландшафта на основе ресурсообновляющей роли многолетних трав / А. А. Кутузова, Г. Д. Харьков, Т. В. Прологова [и др.]. М.: Россельхозакадемия, 2002. 18 с.
5. Концепция сохранения и повышения плодородия почвы на основе биологизации полевого кормопроизводства по природно-экономическим районам России / Б.П. Михайличенко, Ю.К. Новоселов, А.С. Шпаков [и др.]. М.: Информагротех, 1999. 108 с.
6. Агропромышленный комплекс Омской области в цифрах.
7. Эколого-географическая карта Российской Федерации. М 1:4000000. Географический ф-т МГУ, 1996. Роскартография, 1996.
8. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ, 2011. 632 с.

УДК: 633.13:631.53.04

Б.Д. ЦЫДЫПОВ, канд. с.-х. наук,
А.С. БИЛТУЕВ, канд. биол. наук,
Бурятская ГСХА им В.Р. Филиппова
Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Существующие значительные вариации гидротермического режима в период вегетации зерновых культур вызывают высокий риск неполучения запланированного урожая товарного зерна овса в сухой степи Забайкалья. К наиболее значимым

климатическим факторам, снижающим урожай, относятся: почти ежегодная весенняя и раннелетняя засуха различной продолжительности и интенсивности; выпадение дождей в период созревания во второй половине августа; укороченный вегетационный период в связи с ранним наступлением осенних заморозков. Сочетание этих условий периодически не позволяет получать урожай зерна овса в условиях сухой степи. Подобная неопределенность ведения зернового хозяйства привела к резкому сокращению пашни на каштановых почвах – нашего основного сельскохозяйственного фонда [1-2].

Одним из агротехнических приемов, позволяющих снизить негативное влияние метеоусловий, является определение оптимальных сроков посева, позволяющее в значительной степени избежать влияния весенне-раннелетней засухи. Традиционно овес на товарное зерно высевается в третьей декаде мая, что связано как с производственной необходимостью (посев после пшеницы), так и научными рекомендациями. На основании изучения сроков посева овса на сортоучастках сухостепной зоны Бурятии и Онохойской опытной станции В.П. Сальниковым (1964-1967 гг.) и В.И. Осиповым (1976-1978 гг.) были определены оптимальные сроки посева овса – 20-30 мая [3-4].

В связи с изменениями в климате, начиная с 2000-х годов, наметилась тенденция более позднего наступления положительных температур весной [5]. В связи с этим возникает необходимость в более точной коррекции сроков посева овса на зерно.

Методы, объекты и условия исследования. Исследования проводились в полевом опыте в 2006-2009 гг. на опытном стационаре Бурятской ГСХА им. В.Р. Филиппова (с.Тапхар, Иволгинский р-н). Поле находится в Тапхарской впадине на пологом склоне юго-западной экспозиции. По почвенно-климатическому районированию зона отнесена к южной подзоне сухостепной зоны Республики Бурятия. Почва каштановая мучнисто-карбонатная малогумусная маломощная среднедефлированная легкосуглинистая на карбонатном щебнистом элювии-делювии. Ее плодородие оценивается как очень низкое: содержание гумуса – $1,31 \pm 0,2\%$, общего азота – $0,12 \pm 0,01$. Содержание подвижного фосфора высокое – $252 \pm 11,5$ мг/кг, обменного калия среднее – $144,0 \pm 12,3$ мг/кг, эти показатели определены по ме-

тоту Чирикова. Содержание нитратного азота в пахотном слое почвы перед посевом было очень низким – $2,61 \pm 0,8$ мг/кг.

Овес на зерно высевался второй культурой в севообороте: чистый пар – пшеница – овес на зерно – овес на зеленую массу. Система обработки почвы – зональная, рекомендованная для сухостепной зоны. В качестве объекта изучался районированный сорт овса Гэсэр. Схема опыта представлена тремя вариантами поздних сроков посева: 25 мая, 30 мая, 5 июня. Норма посева – 4 млн/га. Повторность в опыте – трехкратная.

Климатические факторы произрастания являются определяющими для прохождения этапов развития зерновых культур [5-6]. Весна наступает в сухой степи Бурятии в апреле. По многолетним метеоданным, устойчивый переход температуры воздуха через 5°C наступает в третьей декаде апреля, а через 10°C – во второй декаде мая. В период исследований сложились следующие метеорологические условия (табл. 1). Засуха отмечалась в мае по вторую декаду июня, в последующем условия для вегетации овса были относительно благоприятными. Основным фактором формирования урожая зерновых культур в условиях сухой степи Бурятии является густота стеблестоя в посевах, которая, прежде всего, зависит от полевой всхожести семян и выживаемости растений к уборке.

Таблица 1

**Метеорологические условия в период исследований
(по данным ГМС Иволгинск)**

Год	Месяц вегетации					М/Σ
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Температура воздуха, °С						
2006	8,2	16,7	20,1	15,6	9,6	14,0
2007	11,7	16,5	21,6	18,2	12,0	16,0
2008	8,6	18,7	20,3	15,6	9,9	14,6
2009	11,0	16,2	19,3	16,5	8,1	14,2
ср. мног.	8,5	15,8	18,9	15,8	8,2	13,4
Количество осадков, мм						
2006	10,4	83,3	63,3	49,1	31,7	237,8
2007	29,7	42,4	25,4	18,3	35,5	151,3
2008	9,0	92,0	86,0	27,0	9,0	223,0
2009	7,9	64,3	26,0	53,9	14,5	166,6
ср. мног.	12	32	66	58	27	195,0

В опыте выявлено, что полевая всхожесть овса в значительной степени зависела от метеорологических условий в период прорастания овса. Сумма осадков двух первых декад мая не превышала 7 мм и не влияла на увлажнение почвы. Более значимы осадки третьей декады мая (до 23 мм).

Осадки первой декады июня во все годы были незначительными (менее 8 мм), но во второй декаде они стабильно возрастали. Нарастание среднедекадных температур в период прорастания семян происходило постепенно по 1-2°С в первые два года исследований (2006-2007 гг.), аномальными показателями в этом отношении отличались 2008-2009 гг., где скачок температур с третьей декады мая к первой декаде июня составил соответственно 10 и 5°С. Ко второй декаде июня различия температур несколько нивелируются и их значения находятся в пределах 15-18°С. Запасы продуктивной влаги в почве в период прорастания овса в целом оцениваются как неудовлетворительные – менее 20 мм в пахотном слое. Этот показатель подвержен значительному варьированию по годам (36-40%). При оценке метеоусловий выявлена определенная тенденция – наиболее жесткие условия для прорастания отмечались в первой декаде июня, когда минимум осадков совпадал с ростом среднедекадных температур.

Результаты исследований. В результате проведенных исследований установлено, что количество всходов оказалось различным в зависимости от сроков посева и было минимальным во второй срок – 30 мая (табл. 2).

Таблица 2

Полевая всхожесть овса Гэсэр при разных сроках посева, шт./м²

Дата посева	Год исследования				M±m
	2006	2007	2008	2009	
25 мая	284	314	241	280	280±15
30 мая	270	275	257	260	266±4
5 июня	277	305	289	282	288±6
НСР ₀₅	12	22	25	8	12,2

Почвенное увлажнение 0-20 см слоя почвы оказывало различное влияние на полевую всхожесть овса в зависимости от срока посева и удобренности. При первом сроке (25 мая) стартовые запасы продуктивной влаги практически не влияли на всхожесть ($r = 0,20-0,41$). Большее значение имеет влажность почвы в период прорастания, начиная с 5 по 15 день от дня посева, эта зависимость становится сильной ($r = 0,62-0,80$). Несколько изменяется характер этой связи при втором сроке посева (30 мая), сильная связь с продуктивной влагой обнаруживается на 5-10 день от посева ($r = 0,77$). Динамика продуктивной влаги при третьем сроке посева (5 июня) не отражалась на полевой всхожести, в данном случае большее влияние оказывали условия атмосферного увлажнения.

Второй срок посева (30 мая) в наибольшей степени подвергается типичной раннелетней засухе в сухой степи Бурятии, пик которой приходится на первую декаду июня. В связи с этим возрастает зависимость от осадков за третью декаду мая ($r = 0,97$) и первую декаду июня ($r = 0,70$).

В результате проведённых исследований установлено, что режим тепло- и влагообеспеченности почвы и воздуха в значительной степени влиял на полевую всхожесть овса

Урожайность зерна является основным показателем эффективности различных от сроков посева. Наибольшую эффективность выявили сроки посева овса 25 мая и 5 июня. Продуктивность овса, высеянного в эти сроки, оказалась статистически равной. При посеве 30 мая получена наименьшая урожайность зерна (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность зерна овса Гэсэр по срокам посева, ц / га

Дата посева	Год исследования				M±m
	2006	2007	2008	2009	
25 мая	9,8	4,9	11,3	11,8	9,5±1,5
30 мая	9,8	4,5	10,7	8,8	8,5±1,4
5 июня	8,7	5,1	12,8	11,5	9,5±1,6
НСР ₀₅	1,9	2,0	2,1	1,8	2,6

В опыте выявлена средняя и сильная зависимость урожайности зерна овса от количества выпадающих осадков за июнь ($r = 0,67 \dots 0,99$) и температур воздуха в среднем в течение июля ($r = -0,62 \dots -0,93$) вне зависимости от сроков посева. Эти сроки сопряжены с прохождением фазы всходы – кущение.

Анализ эмпирических моделей позволяет констатировать, что на урожайность овса первого срока посева в большей степени влияют температурные факторы (коэффициенты регрессии $b = 2,46 - 3,45$). В меньшей степени температуры июля влияли на продуктивность в третий и второй сроки. Осадки в большей степени влияли на урожай второго и третьего срока, нежели первого. Продуктивность овса различных сроков посева зависит от продолжительности неблагоприятного воздействия раннелетней засухи.

Закключение. По результатам опытов с овсом выявлено, что его урожайность зависит от длительности и интенсивности весенне-раннелетней засухи, типичной для условий сухой степи. Для ее прохождения с минимальными потерями необходимо высевать среднеспелые сорта овса на зерно в поздние сроки 25 мая и 5 июня. При посеве 30 мая растения в наибольшей степени подвергаются негативному влиянию засухи. В связи с этим стратегия возделывание овса на зерно в сухой степи заключается в сохранении в почве влаги на глубине посева семян, использование скороспелых сортов при посеве в допустимо более поздние сроки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.М., Швец Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. М.: Колос, 1994. 127 с.
2. Барнаков Н.В., Баиров В.П., Кушнарев А.Г. Растениеводство в Забайкалье. Улан-Удэ, 1999. 422 с.
3. Осипов В.И. Зерновые культуры в Бурятии. Улан-Удэ: Бур. кн. изд-во, 1982. 88 с.
4. Тырина З.Д. Овес в Читинской области. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1988. 112 с.
5. Билтуев А.С., Лапухин Т.П., Будажапов Л.В. Климат, плодородие почв и продуктивность зерновых культур в аридных условиях Забайкалья: состояние и прогноз: монография. Улан-Удэ: Бурятская ГСХА, 2015. 141 с.
6. Цыдыпов Б.Д. Влияние сроков посева и последствий сидеральных паров на урожай овса в сухостепной зоне Бурятии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Улан-Удэ, 2012. 119 с.

О.С. ХАРАЛГИНА, канд. с.-х. наук
*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, Тюмень*

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮЦЕРНЫ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Люцерна в условиях лесостепи является лучшей кормовой культурой благодаря её высокой урожайности и питательной ценности, повышенной зимостойкости и засухоустойчивости, способности к быстрому отрастанию после скашивания и устойчивости к многим вредителям и болезням. В сельском хозяйстве страны возделывают три вида этой культуры: люцерну изменчивую (*Medicago varia* Martyn), люцерну посевную (синюю) (*Medicago sativa* L.) и люцерну серповидную (жёлтую) (*Medicago falcate* L.) [1].

В Сибири в основном распространена люцерна изменчивая, которая является гибридом между люцерной посевной и люцерной серповидной. Этот вид люцерны формирует более продуктивные и устойчивые травостои в неблагоприятных почвенно-климатических условиях региона [2].

В условиях Северного Зауралья люцерна формирует два полноценных укоса зеленой массы, отличается холодостойкостью и зимостойкостью и продуктивным долголетием. По качеству белка и содержанию незаменимых аминокислот люцерна превосходит многие кормовые культуры, в том числе и другие бобовые травы – клевер, эспарцет, донник. В сухой массе люцерны в среднем содержится 18-22 % сырого протеина. В одной кормовой единице содержится 237 г переваримого протеина. Белок люцерны хорошо переваривается и интенсивно усваивается организмом животных [4].

Люцерна лучше всего растёт на почвах, богатых всеми элементами питания и имеющих слабокислую или нейтральную реакцию. Для неё пригодны выщелоченные чернозёмы, серые лесные, дерново-карбонатные и аллювиальные пойменные почвы. Люцерну можно возделывать на осушенных торфянистых и тяжёлых глинистых почвах при условии проведения комплекса приёмов, улучшающих их агрофизические свойства.

Повышение продуктивности вегетативной массы люцерны – чрезвычайно важный и сложный вопрос, который решается

путем создания новых сортов, а также разработкой более совершенных технологий выращивания культуры.

Цель исследований – выявить высокопродуктивные сорта люцерны для северной лесостепи Тюменской области.

Исследования проводили на опытном поле ГАУ Северного Зауралья в 1,5 км от д. Утешевой Тюменского района. Почва – чернозём выщелоченный, тяжёлосуглинистый. Содержание нитратного азота – 7,7 мг/кг, подвижных фосфора – 3,1 мг/100 г, калия – 45,4 мг/100 г, рН 6,0.

Посев люцерны проводили беспокровным рядовым способом с шириной междурядий 15 см, фенологические наблюдения и учёты – по методике Государственного сортоиспытания (1985). Урожайность зелёной массы люцерны (т) с делянки учитывали в начале цветения. Математическую обработку данных выполняли по Б.А. Доспехову (1985).

Агротехника. Некачественная обработка почвы под люцерну приводит к снижению полевой всхожести, неравномерности глубины посева, угнетению сорняками. Система обработки почвы зависит от предшественника, засорённости поля, мощности пахотного слоя, агрофизических и химических свойств подпахотного горизонта.

После уборки предшественника (однолетние травы) проводили вспашку плугом ПН-4-35 на глубину 20-22 см.

Весной при наступлении физической спелости почвы приступали к ранневесеннему боронованию зубowymi боронами БЗСС-1,0 в два следа поперек направления основной обработки. Перед посевом почву культивировали КПС-4 на глубину 5 см с одновременным боронованием. Вносили удобрение диаммофос 70 кг/га в физическом весе сеялкой СЗ-3,6.

Посев люцерны проводили 20 мая сеялкой ССФК-10 на глубину 1-2 см с прикатыванием до и после посева. В опыте использовали 4 сорта с нормой высева 20 кг/га.

Ежегодно люцерну обрабатывали гербицидом Базагран с нормой расхода 2,0 л/га. Обработку посевов проводили опрыскивателем ОН-600. Норма расхода рабочей жидкости 200 л/га. Учёт зелёной массы проводили в фазу начала цветения.

Результаты исследования. В условиях Северного Зауралья люцерна имела максимальную продуктивность при двухукосном использовании травостоя.

Первый укос, проведённый в фазу начала цветения, использовали на зелёный корм. В изучаемых условиях люцерна сформировала укосную массу во второй половине июня. Ко второму укосу люцерна была готова через 55-60 суток после первого.

Урожайность зелёной массы люцерны второго года жизни в первом укосе составила 14,2-23,8 т/га (табл. 1). Максимальной урожайностью характеризовались сорта Быстрая (23,8 т/га) и Уралочка (21,0 т/га). Математическая обработка данных показала, что у этих сортов существенное отклонение от стандарта +9,4 и + 6,3 т/га (при $НСР_{05} = 0,3$).

Урожайность зелёной массы во втором укосе у изучаемых сортов была 26,8-29,5 т/га. У сорта Быстрая вегетативная продуктивность составила 29,5 т/га. Значительное снижение урожайности отмечено у сортов Сарга и Уралочка. В среднем за два укоса во второй год жизни растений выделены сорта Быстрая и Уралочка.

Таблица 1

Урожайность зелёной массы люцерны, т/га

№ п/п	Сорт	2 год жизни				3 год жизни			
		1 укос	2 укос	Σ	отклонение от стандарта	1 укос	2 укос	Σ	отклонение от стандарта
1	Омская 7 - стандарт	14,7	29,2	43,9	-	17,0	18,9	35,9	-
2	Быстрая	23,8	29,5	53,3	+9,4	29,1	23,9	53,0	+17,1
3	Сарга	14,2	26,8	41,0	-2,9	26,8	19,4	46,2	+10,3
4	Уралочка	21,0	28,3	49,3	+5,4	27,1	22,4	49,5	+13,6
НСР ₀₅		0,3	0,4	-	-	0,4	0,4	-	-

Скошенная в третьей декаде августа люцерна отросла, накопила пластические вещества, хорошо перезимовала и вследствие этого сохранила продуктивность на следующий год.

У люцерны третьего года жизни максимальная урожайность зелёной массы в первом укосе получена у сортов Быстрая и Уралочка. На этих вариантах отмечено существенное от-

клонение от стандарта +12,1 и +10,1 т/га (при $НСР_{05} = 0,4$). Во втором укосе максимальный урожай получен у сорта Быстрая – 23,9 т/га.

Заключение. За годы исследований сорт Быстрая оказался наиболее продуктивным. На этом варианте получена максимальная урожайность зелёной массы – 53,3 т/га во второй год жизни и 53,0 т/га – в третий. По отношению к контролю получена прибавка 9,4 и 17,1 т/га соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долголетнее использование люцерны изменчивой сорта Пастбищная 88 в одновидовых посевах и травосмесях / Н.Н. Лазарев, С.М. Авдеев, В.Г. Яцкова [и др.] // Кормопроизводство. 2010. №1. С. 9-12.
2. Писковацкий Ю.М. Люцерна для многовидовых агрофитоценозов // Кормопроизводство. 2012. №11. С. 25-26.
3. Пыльнев В.В., Коновалов Ю.Б. Частная селекция полевых культур. М.: КолосС, 2005. С. 526-533.
4. Дюкова Н.Н. Возделывание люцерны в Северном Зауралье. Тюмень: ТГСХА, 2007. 25 с.

УДК 634 491 (571.12)

А.С. ИВАНЕНКО, д-р с.-х. наук, профессор
*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, Тюмень*

З.А.ХАЙРУЛЛИНА, Г.М.НУРМУХАМЕДОВА
Тюменский ГСУ

УРОЖАЙНОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КЛУБНЕЙ СРЕДНЕРАННИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В ЛЕСОСТЕПИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.Н. Прянишников уделял большое внимание возделыванию картофеля в России. В 1921 г. он написал статью «Картофель, его современное значение и приёмы культуры», которая была опубликована отдельной брошюрой Агрономической службой северных железных дорог [1]. Дмитрий Николаевич на простом примере показал преимущества картофеля перед рожью, сравнив их урожайность в пересчёте на сухое вещество: получалось, что при обычной в то время урожайности этих

культур картофеля давал в три раза больше сухого вещества. Если же учесть, что рожь требует чистого пара и растёт два вегетационных периода, то она превосходит рожь по сбору сухого вещества с единицы площади в шесть раз.

В Тюменской области картофель выращивают 250 лет, но значительные площади он стал занимать только с 1930-х гг. [2-4]. В 1916 г. в Тобольской губернии его высаживали на 5,4 тыс. десятин. В 2016 г. в 22 районах южной части области картофель возделывали на 35 тыс. га, около 8 тыс. га занимал картофель в Ямало-Ненецком и Ханты-Мансийском округах. Валовой сбор клубней – 565 тыс. тонн при внутриобластной потребности 264 тыс. тонн. Средняя урожайность в 2016 г. – 194 ц/га, в 2017 г. – 265 ц/га [5].

На начало 2017 г. в области было районировано 18 сортов картофеля, в том числе 6 раннеспелых, 8 среднеранних и 4 среднеспелых. Наиболее распространены среднеранние сорта Свитанок киевский, Санте и Сентябрь. Свитанок выращивается в области 24 года, Санте и Сентябрь – по 20 лет. Десять сортов районировали после 2010 г., потому они пока не получили значительного распространения [6].

Цель работы: провести анализ урожайности и основных показателей качества клубней трёх среднеранних сортов: Свитанка киевского, Санте и Сентябрь, рассчитать их изменчивость, выявить факторы, положительно влияющие на урожайность и качество клубней.

Для исследования использованы 20-тилетние данные испытания названных сортов на Тюменском ГСУ с 1997 по 2016 годы [6]. Сортоучасток расположен в западной части лесостепной зоны на серых лесных песчаных почвах. Картофель выращивался в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания [7]. Органических и минеральных удобрений не вносили, посадки не поливали. Клубни высаживали в мае в зависимости от хода агрометеорологических элементов с 10 по 28 числа.

В годы опытов поздневесенний заморозок, убивший ботву взошедшего картофеля, случился лишь однажды – в ночь с 18 на 19 июня 1997 г., когда ботва уже достигла высоты 15-20 см. Это был самый поздний заморозок в Тюмени с 1936 г. Рост и развитие картофеля приостановились на две недели, потом отросла новая ботва, и урожай клубней был высокий и хорошего

качества: Свитанок Киевский дал урожай клубней 272 ц/га, Санте – 417, Сентябрь – 328 ц/га, крахмалистость была соответственно 16,3, 14,9 и 17,7%. Повреждение ботвы отрицательно сказалось только на выходе товарных клубней: он был около 90%, в другие годы – 93-97%. Раннеосенние заморозки ни разу не повреждали ботву, тем более – клубни в почве.

Сводные сведения об урожайности и качестве клубней представлены в таблице 1.

Таблица 1

Урожайность, показатели качества клубней и их изменчивость

Показатели	Min	Max	Ср.	CV, %	Min	Max	Ср.	CV, %	Min	Max	Ср.	CV, %
сорта	Свитанок киевский				Санте				Сентябрь			
урожайность, ц/га	70	420	295	30	104	503	359	30	58	380	264	34
крахмалистость, %	13,9	22,8	18,7	12	11,4	17,3	14,5	11	12,0	20,5	16,6	15
средняя масса клубня, г	90	179	130	17	70	167	131	17	53	164	122	20
товарность, %	87	100	96	4	80	100	96	6	88	100	96	7
вкус, баллов	3,9	5,0	4,7	7	3,8	5,0	4,6	9	3,2	5,0	4,2	11

Примечание: min и max – минимальные и максимальные показатели; CV, % – коэффициент вариации (изменчивости): до 10% изменчивость слабая, 11-20% – средняя, 21% и более – сильная.

За 20 лет испытания самым низкоурожайным годом для всех сортов оказался 1999-й, когда Сентябрь дал всего 58 ц/га клубней, Свитанок – 70, Санте – 104 ц/га. Урожайность клубней менее 200 ц/га была у Свитанка три раза (1999, 2012 и 2013 гг.), у Сентября – пять раз, у Санте – один раз. Самым урожайным за 20 лет оказался сорт Санте – 359 ц/га, Свитанок и Сентябрь имели практически равную урожайность – соответственно 257 и 264 ц/га при НСР 05 =48 ц/га.

Пределы колебания урожайности (мин. – макс.) у всех сортов были значительными, превышающими среднюю многолетнюю

урожайность. Это указывает на сильную изменчивость (нестабильность) этого показателя. Расчёты показали, что коэффициент вариации (CV) урожайности был у Свитанка и Санте по 30%, у Сентября – 34%.

Крахмала в клубнях Свитанка содержалось 18,7%, Сентября – 16,6%, Санте – 14,5%. Коэффициент изменчивости содержания крахмала был средним – 11-15%.

Средняя масса товарных клубней была ежегодно высокой – более 100 г, изменчивость показателя средняя – 17-20%. Также почти ежегодно был высоким выход товарной фракции клубней, за исключением отдельных неурожайных лет. Изменчивость этого показателя самая низкая: CV – 4-7%. Вкус оценивался по баллам в процессе дегустации. Этот показатель также был одним из самых стабильных с CV 7-11%.

Устойчивость к фитофторозу клубней у сортов была высокая, поражение не превышало 2,1%; поражение листьев также было редким и не превышало 20%. Фитофторные годы были очень редкими, когда складывались благоприятные условия для развития фитофтороза на листьях.

У сорта Санте выявилась нежелательная особенность: в тёплую осень у части клубней ещё в почве заканчивается покой, и клубни прорастают, образуют ростки длиной 3-5 см. При уборке их, конечно, обламывают, но во время хранения клубни прорастают намного раньше тех, которые не проросли осенью. Кроме того, у части кустов образуются очень длинные столоны, прорастающие через междурядья в соседние рядки.

Клубни Свитанка киевского при неравномерной влажности почвы сильно растрескиваются. Эти ростовые трещины потом хорошо заживляются в почве, но клубни получают уродливыми, резко возрастают потери при их очистке.

Расчёт коэффициента корреляции между урожайностью и крахмалистостью показал, что у Свитанка киевского он средней величины и отрицательный: -0,37, у остальных сортов коэффициент положительный, но ничтожно малый: 0,005 и 0,018.

Мы рассчитали среднюю урожайность и крахмалистость по пятилеткам и некоторые элементы погоды за это же время (табл. 2). Самые высокие урожаи были получены в среднем за пятилетку с 2002 по 2006 гг., а наибольшая крахмалистость клубней была в пятилетку 1997-2001 гг., когда урожайность бы-

ла сравнительно невысокой. Только у Свитанка высокая урожайность и крахмалистость были получены в одни и те же годы.

Таблица 2

Урожайность, крахмалистость клубней и элементы погоды

Годы	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016
Урожайность клубней, ц/га				
Свитанок киевский	228	356	291	297
Санте	317	375	365	359
Сентябрь	263	267	257	261
Температура воздуха, °С и сумма осадков, мм				
сумма осадков в августе	58	58	57	37
средняя температура в августе	15,7	15,8	16,4	17,5
сумма осадков в июле и августе	130	164	128	122
средняя температура в июле и августе	17,3	17,1	17,8	17,8
Крахмалистость клубней, %				
Свитанок киевский	19,6	20,2	17,5	17,4
Санте	15,2	12,1	14,4	14,0
Сентябрь	19,0	16,0	15,1	13,5

В последние две пятилетки урожайность у всех сортов практически стабилизировалась, также выровнялась и крахмалистость у Свитанка и Санте, но у Сентября крахмалистость клубней снижалась из пятилетки в пятилетку, и за 20 лет снизилась на 5,5%. Мы считаем, что это результат отсутствия удобрений под картофель в течение 20 лет, одного севооборота, перемены культур оказалось недостаточно.

Максимальная урожайность всех трёх сортов была получена в пятилетку, когда в сумме за июль и август выпало максимальное количество осадков, хотя и в другие пятилетки их выпадало изрядное количество. В последнюю пятилетку 2011-

2016 гг. хоть и выпало минимальное количество осадков в августе при максимальной температуре воздуха, урожайность клубней была не рекордно высокой, но вполне хорошей. Очевидно, что и такое сочетание температуры воздуха и количество осадков может обеспечить в западной части лесостепной зоны Тюменской области вполне приличный урожай клубней картофеля.

На основе обобщения 20-тилетних результатов изучения среднеранних сортов картофеля в западной части лесостепной зоны Тюменской области можно сделать следующие выводы: среднеранние сорта картофеля в этой части области дают высокие урожаи клубней с высокими показателями качества: крахмалистостью, товарностью, большой массой товарных клубней, их хорошим вкусом, однако урожайность отличается нестабильностью, зависящей от нестабильности погодных условий: температуры воздуха и количества осадков. Наиболее крахмалистыми были клубни сорта Свитанок Киевский, но и у других сортов она была довольно высокой. Из показателей качества клубней наиболее стабильными были товарность и вкус клубней. Зависимость между урожайностью и крахмалистостью у Свитанка киевского была отрицательная слабая ($-0,37$), у других сортов она отсутствовала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прянишников Д.Н. Картофель, его современное значение и приёмы культуры // Избранные сочинения. Т. 3. М.: Сельхозгиз, 1953. С. 539-546.
2. Картофельное поле / А.Д. Блоха, В.С. Уткин, Г.А. Покручин [и др.]. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1984. 160 с.
3. Иваненко А.С. Тюменское поле: прошлое и современность (история тюменского земледелия). Тюмень: ГАУ СЗ, 2013. 250 с.
4. Иваненко А.С., Иваненко В.Е. Тюменскому картофелеводству 250 лет // Коняевские чтения-2017, 10-13 декабря 2017, Екатеринбург. Екатеринбург: УрГАУ, 2018. С. 28-31.
5. Иваненко А.С., Иваненко В.Е. Картофелеводство Тюменской области в XX-XXI веках // Коняевские чтения – 2017, 10-13 декабря 2017 г., Екатеринбург. Екатеринбург: УрГАУ, 2018. С. 31-34.
6. Сортовое районирование и результаты сортоиспытания сельскохозяйственных культур по Тюменской области за 1997-2016 гг. / сост. В.В. Выдрин и Т.С. Федорук. Тюмень, 1997-2016.
7. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Испытание картофеля. М.: Сельхозгиз, 1978. С. 16-25.

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ В РЕШЕНИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК:631.6

М.Т. УСТИНОВ¹, канд. биол. наук,
М.В. ГЛИСТИН², канд. с.-х. наук,
Н.В. ЕЛИЗАРОВ¹, канд. биол. наук

¹ *ИПА СО РАН, Новосибирск*

² *ООО «Запсибгипроводхоз», Новосибирск*

МЕЛИОРАЦИЯ БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ – ПОЛИГОН ПО ВЫРАБОТКЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С комплекса работ по осушению и общему мелиоративному и водохозяйственному обустройству Барабинской низменности и Ишимской степи в 1895 году специальной правительственной экспедицией, возглавляемой одним из основоположников российской мелиорации генерал-аншефом Иосифом Ипполитовичем Жилинским, Бараба стала полигоном широкого спектра по выработке мелиоративных мероприятий для оптимизирования плодородия почвы Западной Сибири. Барабинская низменность расположена в южной части Западно-Сибирской низменности на Обь-Иртышском водоразделе между 54° и 57° с. ш., в бассейне озер Чаны, Сартлан и верхнего течения р. Оми, главным образом в пределах Новосибирской области Российской Федерации и занимает площадь 11,7 млн га.

Являясь переходной зоной от северных таежных болот Васюганья к степям Кулунды, Барабинская низменность имеет уникальные природно-мелиоративные условия: почвенные, геологические, гидрологические на общем фоне значительной заболоченности и засоленности [1, 2]. Характерными особенностями Барабы являются: отчётливо выраженный «гривный» рельеф и наличие большого количества озер: только озер с площадью зеркала более 10 га насчитывается 25050 шт. общей

площадью 4918 км². Больше всего здесь малых озер (84% общего числа) площадью меньше 1 км. Самое крупное озеро – Чаны площадью около 3000 км² [3] с отделенным в 1971 году Юдинским плесом, который представляет универсальную возможность для исследования формирования и эволюции почвенного покрова на фоне аридизации Барабинской низменности [4]. И.И. Жилинский в своей книге «Очерк гидротехнических работ в районъ сибирской жел. дор. по обводнению переселенческих участковъ въ Ишимской степи и осушение болот в Барабе 1895-1904 г.» С.-Петербургъ, 1907, отметил, что благодаря произведенным нивелировочным и рекогносцировочным изысканиям был составлен план канализации Барабы.

Богатый гипсометрический материал нивелировки дал возможность детально ознакомиться с рельефом Барабинской степи (низменности).

Экспедицией И.И. Жилинского были выполнены мелиоративные работы, основное назначение которых состояло не столько в осушении и подготовке к сельскохозяйственному использованию болот и заболоченных земель, прилегающих к железнодорожной магистрали, сколько в открытии доступа к обширным плодородным землям, которыми богата Барабинская низменность.

Колоссальные затраты на мелиорацию окупились с лихвой: уже в 1909 году только прибыль от продажи знаменитого на весь мир западно-сибирского масла принесла казне 47 миллионов золотых рублей! Экономическая эффективность «каналов Жилинского» (именуемых в народе) и конкурентоспособность сибирской земли и Барабы, в частности, были доказаны самой жизнью. К сожалению, в настоящее время большая часть каналов в значительной мере утратила свое значение, и земли Барабинской низменности возвращаются в прежнее девственное состояние [5].

Вновь построенные каналы работают здесь исправно лишь в течение 3-5 лет. Эффективная работа каналов и осушительных систем обеспечивается лишь при наличии линейной службы, осуществляющей постоянный надзор и систематический текущий ремонт каналов, шлюзов-регуляторов, трубопереездов.

При пульсирующей цикличности обводненности и засушливости, характерных особенностях климата Барабы, наибольший эффект здесь дает двустороннее регулирование водно-воздушного режима осушенных земель.

Начатые и не доведенные до конца осушительные и ремонтные работы активизируют действие факторов, снижающих плодородие земель, и провоцируют зарастание и заиливание мелиоративной сети.

Одна из главных причин деградации осушительной сети – небрежное отношение окрестного населения к каналам и гидросооружениям. Обычной практикой являются завалы русл каналов землей и мусором с целью устройства переездов, «заколов» для ловли рыбы; запруд для водопоя скота.

В 1929 году по постановлению Западно-Сибирского крайисполкома в верховьях Карапузского осушительного канала, построенного экспедицией И.И. Жилинского, была организована Барабинская опытная болотная станция, переименованная в дальнейшем в Убинскую опытную мелиоративную станцию (УОМС), первое научное учреждение по мелиорации Барабы в качестве опытного производственного полигона для эффективных в местных условиях мелиоративных мероприятий. Объективная реальность указывает на необходимость реанимировать, а точнее вновь создать Убинскую опытномелиоративную станцию, расположенную в центре («сердце») Барабы.

Научно-исследовательские и опытные работы по мелиорации и хозяйственному освоению Барабинской низменности подробно изложены Н.И. Дружининым в трудах Северного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (СевНИИГиМ). (Вып. XXIX. Западно-Сибирского книжного издательства, г. Новосибирск, 1969 г. С 3-25). Сотрудниками станции разрабатывались также вопросы по выявлению причин заболачивания низменности, изучались поверхностный сток и водный баланс земель, характер промерзания и оттаивания почв, а также значения коэффициентов фильтрации, характер динамики грунтовых вод. В это же время были разработаны способы орошения овощных культур, нормы и сроки полива овощей по бороздам и обобщен опыт орошения.

Специально созданная Барабинская экспедиция (1944 г.) МСХ РСФСР при участии почвенного Института им. Докучаева АН СССР, Западно-Сибирского филиала АН СССР, ВНИИ-ГиМа с привлечением изыскательских, проектных и строительных организаций подвергла изучению гидрографическую сеть, гидрологический режим и основные закономерности поверхностного стока, условия почвообразования, характер и тип засоления почвенного покрова и закономерности территориального размещения почв, динамику и современное состояние растительного покрова, болот и заболоченных земель (изучались причины образования болот, их типы, генезис, методы мелиорации и освоения). Выяснялось влияние степени осушения на солевой режим почвенных растворов торфяных и торфяно-болотных солончаковых почв, что не было учтено в экспедиции И.И. Жилинского.

В условиях Барабинской низменности одним из основных мероприятий по рассолению почв является лиманное орошение. Академик Б.С. Маслов справедливо отмечал четкую закономерность чередования периодов подъема и спады мелиорации земель Сибири – через каждые 35 лет: максимумы развития отмечались в 1900 и 1970 гг., а минимумы – в 1935 и 2005 гг.

Угасающая мелиорация земель и импульсы: майского (1966) пленума ЦК КПСС; октябрьского (1984) пленума ЦК КПСС «... о дополнительных мерах в широкой мелиорации земель с высокоэффективным использованием орошаемых и осушенных земель» сохраняют Сибирские эколого-мелиоративные форумы.

Начиная с 1995 г., (100-летия экспедиции И.И. Жилинского), стало хорошей традицией регулярно проводить в Новосибирской области региональные научно-практические форумы по комплексу проблем и их решениям в сфере мелиорации земель, связанных с рациональным использованием и охраной природных ресурсов. Материалы форумов и их резолюции изложены: 1-го в 1995 г. – МиВХ, №3, 1995; 2-го в 2005 г. – МиВХ, №6, 2005; 3-го в 2009 г. – МиВХ, №1, 2010; 4-го в 2013 г. – МиВХ, №1, 2014; 5-го в 2015 г. – МиВХ, 2015 спецвыпуск; 6-го в 2017 г., №4, 2017.

Основная цель форумов – возрождение, сохранение и развитие мелиоративного дела в Сибири. Реальные особенности Барабинской низменности как территориальной эколого-мелиоративной единицы, ставшей аксиомой по многолетним исследованиям и сложившегося сельскохозяйственного и социального обустройства – «Бараба – это борьба с водой, борьба за воду».

Поэтому в широком спектре рассматриваемых вопросов по мелиорации земель на форуме основополагающими остаются базовые темы:

- столетний, десятилетний, двадцатилетний опыт мелиорации в Западной Сибири;
- сохранение и повышение плодородия и продуктивности мелиорированных земель;
- методология адаптивно-ландшафтной мелиорации земель (изыскания, проектирование, функционирование мелиоративных и геосистем);
- диагностика, критерии, оценка, мелиоративные мероприятия объектов мелиорации;
- процессы подтопления застроенных и сельскохозяйственных территорий (исследования, прогноз и защита);
- мониторинг мелиорированных земель;
- ГИС-технологии в решении проблем мелиорации земель;
- повышение водообеспеченности южных районов Сибири;
- трансграничные проблемы устойчивого развития водного хозяйства Сибири;
- задачи научно-исследовательских и проектных учреждений Сибири в развитии мелиорации в новых экологических условиях.

Решение проблем мелиорации Барабинской низменности, как и других территорий обширной Западной Сибири, усложняется разрушением научно-исследовательских (СевНИИГиМ) и проектных институтов (Запсиб гипроводхоз, ЗапНИИгипроЗем), отсутствием высококвалифицированных гидрогеологов, почвоведов, гидрологов, проектировщиков, особенно обладающих опытом мелиорации земель.

Многолетний опыт мелиорации земель показал, что эффективность зависит от всесторонней оценки природно-мелиоративного состояния земель и точно выверенных мелиоративных мероприятий, поэтому успешных результатов добился утвержденный приказом Минсельхоза труда РФ от 22.03.1992 г. №524 «Запсибгипроводхоз» в качестве головного института по проектированию объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства по региону Сибири и Дальнего Востока, работая в тесном партнерстве с ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, СО РАСХН, ИПА СО РАН, Департаментом мелиорации и технического обеспечения Минсельхоза РФ, НО «Ассоциация ОВК», ООО «Экопрогноз-2», Верхне-Обским бассейновым водным управлением Федерального агентства водных ресурсов, АПК Новосибирской области, ВНИИ «Радуга», ГУПНСО «УКС», Департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды Новосибирской области.

Научное обоснование мелиорации сибирских земель с учётом их региональных особенностей нашло отражение в наиболее значимых монографиях последних лет [6-8].

В коллективной монографии [5] определена основная цель комплексной мелиорации Барабы, основанной на наиболее полном использовании природно-ресурсного потенциала территории. Даны основные направления устойчивого развития сельскохозяйственного производства, создания гарантированной кормовой базы животноводческой отрасли и улучшения социально-экономических условий в рамках национального проекта «Развитие АПК», где выделены приоритетные задачи и по мелиорации.

Эффективность проведения комплексной мелиорации оценивается по природно-ресурсному потенциалу территории, который определяется следующими интегральными показателями: продуктивность сельскохозяйственных угодий, экологическая устойчивость территории, энергетические ресурсы почв региона, динамика запасов гумуса в почве и экономическое обоснование предлагаемого комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий.

Все расчеты базированы на анализе обширного фактического материала ФГУП «Запсибгипроводхоз», комплексной

экспедиции ВНИИГиМ – ФГУП «Запсибгипроводхоз», данных департамента АПК Новосибирской области, материалов научных публикаций по Барабинской низменности, а также научных исследований ученых ВНИИГиМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елизарова Т.Н., Казанцев В.А., Магаева Л.А. Оценка эколого-мелиоративного потенциала территорий (на примере левобережной части Новосибирской области) // Мелиорация и водное хозяйство. 1995. № 3. С. 14-16.
2. Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т. Эколого-мелиоративные особенности Барабы // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. №6. С. 27-29.
3. Поползин А.Г. Ресурсы озер Новосибирской области и их хозяйственное значение // Оценка природных ресурсов Новосибирской области. Новосибирск: Наука, 1972.
4. Устинов М.Т. Диагностика мелиоративных особенностей опустынивания Барабинской равнины // Опустынивание земель и борьба с ним. Абакан: Март, 2007. С. 199-202.
5. Современное мелиоративное состояние земель и хозяйственные условия Барабинской низменности / Л.В. Кирейчева, М.В. Глистин, М.Т. Устинов и [др.] // Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности. М.: ВНИИА, 2009. С. 136-152.

УДК: 631.587:633.2.4 (571.1)

В.С. БОЙКО, д-р с.-х. наук,
А.Ю. ТИМОХИН, канд. с.-х. наук
ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Омск

ОРОШАЕМОЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВО В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Повышение экономической эффективности сельского хозяйства в современных условиях во многом зависит от развития кормопроизводства как системообразующей отрасли сельского хозяйства, научно-технический уровень развития которого не только определяет состояние животноводства, но и существен-

но влияет на повышение продуктивности, процессы биологизации, экологизации растениеводства и земледелия в целом, решение обострившихся проблем ресурсо-, энергосбережения, сохранение плодородия почв и окружающей среды [1]. Кормопроизводство, в целом, пока не перестроено по принципу высокой адаптивности и продуктивности, получения полноценной продукции.

Научными учреждениями Западной Сибири сформулированы концепции развития кормопроизводства на ближайшие годы и перспективу. Однако состояние отрасли показывает, что движение в научно обоснованных направлениях происходит медленно. В большинстве хозяйств первостепенной проблемой животноводства является недостаточная обеспеченность высокопитательными кормами. В молочном животноводстве Сибири дефицит рационов по протеину составляет 25-30%, по макро- и микроэлементам – 45-55%. До 60% объема силосуемых кормов и сена имеют низкое качество, более 50% зерновых компонентов используется в виде простой смеси с низким коэффициентом конверсии корма в продукцию [2]. Недостаток высококачественных объемистых кормов не позволяет сбалансировать рационы по важнейшим показателям – энергии и протеину, вследствие чего генетически обусловленный потенциал продуктивности животных используется только на 40-50%. Несбалансированность рационов по энергетической и протеиновой питательности приводит к значительному (на 20-50%) перерасходу кормов, увеличению удельного веса зернофуража.

Анализ современных мировых тенденций в развитии сельского хозяйства показывает усиливающуюся роль биологизации интенсификационных процессов в деле повышения эффективности кормопроизводства на основе формирования адаптивной структуры посевных площадей в каждом регионе, создания сортов, устойчивых к специфическим для данного региона биотическим и абиотическим стрессам. Именно эта стратегия обеспечивает наряду с устойчивым ростом продуктивности агрофитоценозов и агроэкосистем рациональное использование невозможной энергии, природоохранность, повышение устойчивости кормопроизводства к неблагоприятным факторам внешней среды.

С учетом требований продовольственной и экологической безопасности предусматривается максимальное использование биологического потенциала многолетних трав на основе дальнейшего совершенствования видового и сортового ассортимента бобовых и мятликовых трав и травосмесей, технологий их возделывания и использования. Учитывая сложную ситуацию в сельском хозяйстве и в целях более эффективного использования земли при дефиците материально-денежных средств, вопрос расширения посевов многолетних трав считается приоритетным в проблеме кормопроизводства. Также сохраняется существенное значение в полевом кормопроизводстве однолетних трав, особенно тех, которые по урожайности не уступают многолетним травам [3]. При этом основное внимание уделяется повышению их урожайности и питательности, прежде всего за счет правильного формирования агрофитоценозов из бобовых, мятликовых и других культур, в том числе высокобелковых, а также уборки их в фазу максимального накопления питательных веществ.

В регионах неустойчивого (лесостепь) и недостаточного (степная зона) увлажнения орошение является важнейшим агротехническим приемом получения устойчивых урожаев кормовых, зерновых и других сельскохозяйственных культур [4-6]. Необходимость обеспечения населения страны продуктами питания отечественного производства неизбежно приведет к восстановлению роли орошаемого земледелия [7].

В южной лесостепи и степи Западной Сибири использование потенциала продуктивности выращиваемых культур ограничивается недостаточным количеством выпадающих осадков. Повторяющиеся здесь засухи и суховеи лихорадят производство и экономику хозяйств. Система сухого земледелия в этих условиях позволяет сгладить аритмию сельскохозяйственного производства, но придать ему необходимый динамизм и устойчивость в засушливой зоне может только сочетание сухого земледелия с орошаемым. Можно совершенно определенно сказать, что устойчивое ведение сельского хозяйства с годовой суммой осадков менее 400 мм без необходимого минимума орошаемых земель остается весьма проблематичным даже при освоении системы сухого земледелия.

В Омской области в 60-е годы возникли проблемы по обеспечению животных кормами. После строительства Бухтарминского гидроузла на р. Иртыш затопление поймы прекратилось. В период накопления воды в Бухтарминском водохранилище (1959-1963 гг.), да и позднее, паводков не было, что вызвало резкую ксерофитизацию растительности и понизило продуктивность лугов до 0,5-0,7 т/га, хотя до 1959 г. с поймы собирали до 20% всех кормов при урожайности сена 1,5-2,0 т/га, в то время как урожайность более ценных пырейных и канареечниковых лугов достигала за счет естественных паводков 5-6 т/га. Восстановить надежную кормовую базу, особенно при создании крупных животноводческих комплексов по содержанию крупного рогатого скота, в условиях засушливого климата возможно было лишь при выращивании многолетних трав и других кормовых культур на орошаемых землях. Расчеты показали, что для гарантированного обеспечения кормами животных на животноводческих комплексах, размещаемых в лесостепной зоне, необходимо иметь не менее 0,5 га орошаемых земель на 1 условную голову.

С 1966 г. началась широкомасштабная работа по укреплению материально-технической базы мелиоративного комплекса. В Омской области за годы максимального развития мелиорации был построен целый ряд сравнительно крупных оросительных систем. За 20 лет (1970 по 1990 гг.) площадь орошаемых земель увеличилась с 4 до 115 тыс. га. Однако получаемые в своей массе показатели продуктивности орошаемых земель составляли не более половины от реально возможных. Причин этому много, они известны, одна из главных, характерная для орошаемого земледелия всей России, по мнению академика Б.Б. Шумакова [8], – это недостаточность накопленных знаний о результатах взаимодействия мелиоративной деятельности с природными процессами и их учете при проектировании и эксплуатации оросительных систем. Имеющийся опыт позволяет признать, что уровень развития мелиорации почв повсеместно служит важнейшим показателем степени культуры, доходности и экологической защищенности сельского хозяйства [9]. Однако мелиорация может оказаться эффективным и действительно необходимым элементом сельского хозяйства только там, где

успешно, одновременно и обязательно комплексно решаются все другие проблемы земледелия. Иными словами, мелиорация полезна только на фоне культурного земледелия и сама отражает уровень этой культуры.

Одним из неперенных условий высокоэффективного использования орошаемых почв является то, что при орошении земледелие должно быть высокопроизводительным, интенсивным и стабильным. Вся орошаемая земля на протяжении вегетационного периода должна плодоносить.

Наиболее полно принципам адаптивной интенсификации с элементами биологизации в ресурсосберегающем земледелии отвечает орошаемое кормопроизводство. Практика нескольких десятилетий неоспоримо доказала насущную необходимость и перспективность локального орошаемого земледелия в зоне неустойчивого увлажнения лесостепи Западной Сибири, где земледелие по своей сути является мелиоративным. Основными факторами, регулирующими и определяющими уровень продуктивности кормовых культур в этих условиях, являются орошение и удобрение.

Однако, вопросы регулирования водного режима, оптимизации минерального питания, других абиотических и биотических факторов, влияющих на урожайность кормовых культур, в зависимости от их биологии изучены недостаточно. Это сдерживает реализацию продуктивного, экологического и экономического потенциала орошаемого кормопроизводства.

По этим причинам теоретическое и практическое значение приобретают исследования по установлению параметров насыщенности севооборотов органическими и минеральными удобрениями, определение их эффективности, изменения количественных и качественных показателей почвенного плодородия, активизации деятельности почвенной микрофлоры.

В связи с этим не теряют актуальность экспериментальные исследования по совершенствованию технологий орошаемого кормопроизводства в комплексе с анализом почвенно-экологической ситуации на оросительных системах и прилегающей территории. Для научного обеспечения орошаемого земледелия, в том числе кормопроизводства, был организован в 1977-1978 гг. и полноценно функционирует в настоящее время

научный стационар в южной лесостепи Омского Прииртышья, целью работы на котором было обоснование и усовершенствование агротехнологии возделывания кормовых, зерновых и зернобобовых культур для получения стабильных урожаев в условиях орошения, способствующий сохранению плодородия лугово-черноземных почв и оптимизации питания растений.

На основе длительных стационарных исследований для условий орошения лугово-черноземных почв лесостепи Западной Сибири теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения 6-7 тыс. кормовых единиц с 1 га за счет повышения продуктивного долголетия многолетних трав и насыщения севооборотов промежуточными культурами, максимально использующих тепловые ресурсы региона для создания полноценного зеленого и сырьевого конвейера.

На основе учета биологических особенностей растений установлены и научно обоснованы закономерности формирования травостоев многолетних и однолетних кормовых культур в одновидовых и смешанных посевах при различном уровне минерального питания и густоте травостоя (стеблестоя).

Определены составляющие суммарного водопотребления при орошении дождеванием, в том числе оросительные нормы кормовых культур, позволяющие получать высокие урожаи высококачественных кормов при сохранении экологически сбалансированных показателей почвенного плодородия. Подтверждением этого являются выявленные количественные и качественные изменения и их направленность агрофизических, биологических и агрохимических показателей плодородия почвы.

Установлены в системе орошаемого кормопроизводства ежегодные нормы внесения фосфорных удобрений, показана роль ежегодного внесения и ранее примененных фосфорных удобрений в режиме минерального питания и приоритетность их в повышении урожайности кормовых культур при орошении и в первую очередь бобовых и бобово-мятликовых травостоев.

Разработан способ выращивания многолетних трав, позволяющий сохранять продуктивное долголетие бобово-мятликовых травостоев при высокой доле бобового компонента (патент № 2208921, 2003 г.).

Дано теоретическое и экспериментальное обоснование возделывания гороха посевного, кормовых бобов и сои на длительно орошаемых лугово-черноземных почвах в условиях лесостепи Западной Сибири. Рекомендованы ресурсосберегающие приемы, улучшающие состояние агроценозов, позволяющие реализовать потенциал продуктивности и качественные показатели новых сортов сибирской селекции этих культур.

В результате длительных исследований в многофакторных стационарных опытах установлено, что интенсивное использование орошаемой лугово-черноземной почвы при оптимальном режиме орошения не вызывает негативных изменений агрофизических свойств. Плотность современной почвы в среднем по 8 полям севооборота стабилизировалась в слое 0-0,4 м на уровне 1,13-1,16 г/см³. Неизменно высоким остается количество почвенных агрегатов > 0,25 мм – 85,4-92,0% в слое 0-0,4 м в исходный период и 94,8-97,5% после длительного использования, в том числе водопрочных 46,8-59,9% и 62,6-68,5%, соответственно.

Водопроницаемость в период посева однолетних культур за три часа впитывания снижается с 94 мм на вспашке, до 37 мм на поверхностной обработке почвы, не ограничивая впитывание поливной воды.

Сумма поглощенных оснований на орошаемом массиве выше, чем на современном неорошаемом участке и находится на исходном уровне. Количество иона Na⁺ в слое 0-0,3 м не превышает 0,7-1,0% от суммы поглощенных оснований. За счет определения поливных норм и сроков полива в соответствии с влажностью почвы не отмечено наложения поливных вод на грунтовые воды. Орошение не оказывает существенного влияния на их минерализацию и химический состав.

За 30-летний период не произошло существенного засоления двухметровой толщи почвенного профиля. Содержание солей уменьшилось с 0,074% (1976 г.) до 0,065% (2008 г.).

Внесение на первоначальном этапе повышенных доз азотных и фосфорных удобрений, наличие в севообороте донника, люцерны сохраняет содержание гумуса на исходном уровне. Однако на фоне без удобрений, в сравнении с удобренными, среднегодовое снижение содержания гумуса составляет по ре-

зультатам прямого определения 0,83 т/га. При длительном применении умеренного уровня химизации (17 лет) содержание гумуса в слое 0-0,4 м снизилось на 0,16 и 0,31% и составило 6,18 и 6,23%, что является следствием минерализационных процессов на фоне высокой биологической активности. Тип гумуса остается неизменным и характеризуется как устойчиво гуматный.

Включение в состав севооборота козлятника восточного благоприятно влияет на повышение биологической активности почвы в сравнении с кострцом безостым. Длительное использование умеренных доз азотных и фосфорных удобрений повышает суммарную биологическую активность почвы на 12-20% в сравнении с фоном без удобрений.

Поскольку при непрерывном использовании орошаемой пашни отмечается низкое содержание нитратного азота в почве во все периоды вегетации растений, повышение продуктивности пашни возможно за счет увеличения круговорота азота агротехническими приемами, расширения посевов многолетних бобовых трав, зернобобовых культур и внесения азотных удобрений под мятликовые и капустные культуры с учетом экологических ограничений. Мобилизация почвенного азота в интенсивных звеньях однолетних кормовых культур составляет около 100 кг/га, независимо от их набора. Общий вынос азота люцерной достигает 300 кг/га, что в три раза выше в сравнении с максимальным выносом его кострцом безостым на аналогичном фоне.

Приемы обработки почвы и предшественники не оказывают существенного влияния на содержание доступного фосфора в почве. Применение повышенных норм фосфорных удобрений в течение 7 лет, соответственно фонам в среднем 89 и 176 кг/га, дифференцировало содержание его в слое 0-0,2 м. Затраты фосфорных удобрений сверх выноса урожаем увеличивались в связи с повышением уровня обеспеченности до повышенного и высокого от 40 до 57 кг/га при выносе 30-32 кг/га на контроле и 57-63 кг/га в удобренных вариантах.

Динамика калия при высоком его содержании выражена слабо, и отчуждаемое количество его в зависимости от обеспе-

ченности почвы нитратным азотом и подвижным фосфором в 4-5 раз больше выноса фосфора.

Рациональное сочетание водного и питательного режима с полноценными по густоте травостоями (стеблестоями) обеспечивает при орошении в лесостепи Западной Сибири получение 9-10 т/га сухой массы многолетних трав при двухукосном использовании или однолетних кормовых культур при выращивании двух урожаев за вегетационный период, что равноценно 6-7 тыс. корм. ед./га, или 80-90 ГДж/га обменной энергии.

Многолетние травы – люцерна, козлятник, кострец в одно-видовых посевах и в смеси, а также донник 1-го года жизни для компенсации дефицита увлажнения используют в год 50% обеспеченности осадками вегетационного периода в суммарном водопотреблении 26,7-37,7% поливной воды. Доля поливной воды в балансе водопотребления при дотационном, почво-охранном характере орошения дождеванием, в дополнение к естественным осадкам, максимальная в поукосных посевах однолетних бобово-мятликовых смесей – 45,6-57,9%, а минимальная – 13,8-15,0% при одноукосном использовании просовидных весеннего посева.

Посев люцерны нормой 8 млн/га кондиционных семян обеспечивает продуктивное долголетие (до 5 лет) травостоев. Для получения за два укоса 8,04-8,91 т/га сухой массы, до 7,45 т/га кормовых единиц, 1,13 т/га переваримого протеина и 89,19 ГДж/га обменной энергии необходимо создание повышенного уровня обеспеченности почвы подвижной P_2O_5 , что удваивает урожайность в сравнении с фоном без удобрений.

В равных с люцерной условиях козлятник 2-10 гг. жизни формирует за два укоса 5,48-6,51 т/га кормовых единиц, 1,02-1,31 т/га переваримого протеина, что эквивалентно 67,63-80,33 ГДж/га обменной энергии на фоне повышенной обеспеченности почвы фосфором и инокуляции семян при посеве ризоторфином, что в 1,4 раза выше, чем на фоне естественного плодородия. Кострец 2-5 гг. жизни достигает уровня продуктивности 5,50-5,62 т/га кормовых единиц, 0,80-0,86 т/га переваримого протеина, или 81,31-84,77 ГДж/га обменной энергии при внесении N_{60} под каждый из двух укосов на фоне с повышенным содержанием фосфора, что почти в 3 раза выше, чем на контроле.

Смесь козлятника с кострцом 2-6 гг. жизни, в которой фитоценотические отношения компонентов сбалансированы условиями минерального питания, более универсальна в использовании и формирует 6,55 т/га кормовых единиц, 1,28 т/га переваримого протеина, или 84,74 ГДж/га обменной энергии на фонах с повышенным и высоким содержанием подвижного фосфора в почве при высокой доле бобового компонента, что в 1,4 раза выше, чем на контроле. Аналогичные условия благоприятны для роста и развития люцерно-кострецовой смеси при формировании травостоев разработанным способом посева многолетних трав, в котором в значительной мере реализован принцип дифференциации экологических ниш.

Донник белый в аналогичных условиях формирует в первый год 6,16-6,48 т/га высокобелковой сухой массы и до 5 т/га, в том числе 2,83 т/га кормовых единиц, 0,60 т/га переваримого протеина за один укос на второй год, что в 1,5 раза выше, чем показатели продуктивности донника желтого.

Бобово-мятликовые смеси однолетних кормовых культур с включением овса, гороха (вики) незаменимы в орошаемом кормопроизводстве в качестве основных и промежуточных посевов и формируют при весеннем посеве и умеренном уровне химизации – N₃₀ и P₆₀ (фосфор в расчете на вынос двумя урожаями) – 5,40-6,32 т/га сухой массы, что равноценно с учетом качества корма 4 т/га кормовых единиц, 0,50-0,65 т/га переваримого протеина, или 50-55 ГДж/га обменной энергии. Более продуктивны 3-4-компонентные смеси (овес + пшеница + ячмень + вика) весеннего посева при уборке на зерносенаж, урожайность которых на фоне с компенсацией выноса урожая фосфора достигает 6,68-6,97 т/га кормовых единиц, 0,66-0,82 т/га переваримого протеина, или 70,10-86,02 ГДж/га обменной энергии.

Озимая рожь в интенсивных звеньях с однолетними кормовыми культурами формирует самый ранний зеленый корм и при внесении не более 60 кг д.в./га азотных удобрений на фоне повышенной обеспеченности почвы фосфором повышает сбор до 4 т/га сухой массы, что равноценно 3,02 т/га кормовых единиц, или 38,98 ГДж/га обменной энергии.

Просовидные – суданская трава, просо – хорошо адаптированы как для основного, так и поукосного посевов, в том чис-

ле в смеси с зернобобовыми культурами. Наиболее полно реализует потенциал продуктивности суданская трава при весеннем посеве и двухукосном использовании, обеспечивая сбор 4,31 т/га кормовых единиц, 0,44 т/га переваримого протеина на фоне без удобрений и 6,28 т/га; 0,83 т/га соответственно на фоне рационального сочетания азотно-фосфорных удобрений – $N_{60+45}P_{60}$.

Поукосный посев суданской травы после озимой ржи в течение 1,5-2 месяцев накапливает 3,83 т/га кормовых единиц, 0,28 т/га переваримого протеина, просо в аналогичных условиях формирует 3,27 т/га кормовых единиц и 0,28 т/га переваримого протеина также на фоне с повышенным содержанием фосфора и внесении N_{60} при поукосном посеве после озимой ржи и без азотных удобрений после донника.

Вико-суданковая смесь в аналогичных условиях увеличивает сбор переваримого протеина двукратно на контроле и в 1,43 раза – в удобренных вариантах.

Поукосные посевы капустных (рапс, редька масличная) в составе двухурожайных звеньев удваивают урожайность при внесении N_{90} и посеве в оптимальные сроки (20-25 июля), повышая сбор до 3,13-3,42 т/га кормовых единиц и 36,59-40,34 ГДж/га обменной энергии.

Экономика орошаемого кормопроизводства определяется высокой окупаемостью затрат – рентабельность составляет 100-140% при выращивании многолетних бобовых и бобово-мятликовых травостоев на фоне внесения фосфорсодержащих удобрений. Однолетние травы более затратны, однако рентабельность в двухурожайных звеньях не ниже 54-60%.

Затраты совокупной энергии при выращивании многолетних бобовых и бобово-мятликовых травостоев в аналогичных условиях составляют 19,25- 21,98 ГДж/га, что при сборе 73,06-82,76 ГДж/га обменной энергии обеспечивает величину коэффициента энергетической эффективности (КЭЭ) 3,48-3,81. Энергетически высокоэффективны донник белый 2-го года жизни, смесь суданской травы с викой и однолетние бобово-мятликовые смеси, выращиваемые на зерносеяж, на которых сбор обменной энергии в урожае превышает затраты совокупной энергии на выращивание в 3 и более раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косолапов В.М. Перспективы развития кормопроизводства России // Кормопроизводство. 2008. № 8. С. 2-10.
2. Солошенко В.А. Направления реформирования животноводства // Сиб. вестн. с.-х. науки. 2003. № 3. С. 144-149.
3. Дмитриев В.И. Создание и использование агрофитоценозов многолетних и однолетних кормовых культур / РАСХН. Сиб. отд-ние., СибНИИСХ. Новосибирск, 2008. 215 с.
4. Бойко В.С., Сницарь А.Е. Агротелиоративные приёмы повышения продуктивности орошаемых земель: монография. Омск: ОмГАУ, 2002. 160 с.
5. Лихолетов Е.А., Лучина И.В. Орошаемое земледелие – основа эффективного функционирования аграрного производства в зоне рискованного земледелия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 6 (104). С. 147-151.
6. Тимохин А.Ю. Повышение продуктивности зернобобовых культур на лугово-черноземных почвах Омского Прииртышья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 2017. 20 с.
7. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А.В. Колганов, Н.В. Сухой, В.Н. Шкура [и др.]; под ред. В.Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 222 с.
8. Шумаков Б.Б. Мелиорация в XXI веке // Мелиорация и водное хозяйство. 1996. № 3. С. 4-6.
9. Зайдельман Ф.Р. Нужна ли мелиорация почв народному хозяйству страны? // Вестник с.-х. наук. 1989. №12. С. 18-26.

УДК 631.452:662.31

Л.И. ИНИШЕВА¹, д-р с.-х. наук, чл.-корр. РАН
С.Г. МАСЛОВ², канд. хим. наук,
К.Е. ЩУКИНА², магистр,
Д.А. ДЕНИСЕНКО¹, бакалавр,
ТГПУ¹, ТПУ², Томск

ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФОВ ВЕРХОВОГО ТИПА С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ

Поиск новых сырьевых ресурсов биологически активных веществ (БАВ) природного происхождения, отличающихся низкой токсичностью и ограниченным спектром побочных явлений для разработки на их основе биологически активных

препаратов различного назначения – актуальная задача на современный период. Торф в этом отношении – относительно дешёвая и практически неограниченная сырьевая база для производства торфяной продукции для сельского хозяйства. Актуальна проблема разработки новых препаратов широкого спектра действия, стимулирующих ростовую функцию растений и иммунную систему и резистентность животных организмов к различным неблагоприятным факторам. Кроме того, торф относится к сильно гумифицированным природным соединениям, что делает эффективной его переработку с целью получения широкого ассортимента продукции для сельского хозяйства.

Основным фактором, определяющим целесообразность использования отдельных видов торфа для получения препаратов, способных интенсифицировать процессы микробного синтеза, регулировать процессы роста, развития, продуктивность, является наличие в них БАВ гуминовой и другой химической природы. Исследование биологической активности торфа как сырьевого источника, так и выделенных из него БАВ является обязательным условием для разработки и внедрения в производство новых технологий получения препаратов на основе торфа. Так, исследования последних лет подтвердили ценность, например, ГК в качестве адаптогенов, обладающих антиоксидантными, антитоксическими, радиопротекторными, антимуtagenными и др. свойствами [1, 2, 3, 4]. Однако спектр БАВ торфов широк и неоднороден по отдельным месторождениям. Поэтому весьма важным является правильный выбор необходимой сырьевой базы с конкретными к ней требованиями качества торфов, места нахождения этих торфов в торфяном месторождении и запасов именно того торфа, который пойдет на конкретную продукцию. Необходима также биологическая оценка торфов, которые до настоящего времени не разработаны. Этому должна предшествовать разработка биологических критериев для диагностики БАВ торфов, выявление знаковых БАВ, определение их статуса и создание на основе этого биокадастра торфов.

В настоящее же время проводится много дорогостоящих исследований по применению препаратов из торфа (чаще на основе ГК). Но, к сожалению, без оценки сырьевой базы торфов, без предварительной оценки биологических эффектов отдель-

ных составляющих органического вещества (ОВ) торфов делает эти исследования бесперспективными для последующего внедрения в практику.

Цель данной работы – провести химико-биологический анализ торфов в верховой торфяной залежи, в том числе в динамике, и показать необходимость создания биокадастра торфов, учитывающего как химические, так и биологические свойства торфов (биохимическая паспортизации торфов для целей сельского хозяйства).

Объекты исследований. Объектом наших исследований послужило торфяное болото на Обь-Томском водоразделе. По стратиграфии залежи было отобрано 13 образцов торфа, характеристика которых представлена в таблице 1. Для дальнейших исследований образцы, одинаковые по ботаническому составу торфа, были объединены.

Таблица 1

**Характеристика торфов в торфяной залежи
олиготрофного болота**

Глубина, см	Вид	Ботанический состав	Степень разложения, %	Азот валовой, %	pH солевой	Выход ГК, %
0-25	комплексный верховой	Sph. angustifolium 30, Sph. balticum 20, Sph. majus 15, Sph. magellanicum 5, шейхцерия 5, сосна 15, вересковые кустарнички 10	25	3,7	2,2	17,3
25-50	комплексный верховой	не опр.	25	3,7	2,6	23,3
50-75	сосново-сфагновый верховой	Sph. magellanicum 25, Sph. balticum 20, Sph. angustifolium 15, сосна 20, шейхцерия 15, вересковые кустарнички 5	25	1,4	2,3	21,5

Глубина, см	Вид	Ботанический состав	Степень раз- ложения, %	Азот вало вой, %	pH солевой	Выход ГК, %
75-100	сосново – сфагновый верховой	не опр.	25	1,4	2,6	22,1
100-125	сосново- пушицевый верховой	Sph. magellanicum 15, вересковые кустарнич- ки 15, сосна 40, пушица 30	50	1,4-	2,4	23,8
125-150	сосново- пушицевый верховой	Sph. magellanicum 15, вересковые кустарнич- ки 15, сосна 40, пушица 30	50	1,2	2,4	24,9
150-175	комплекс- ный верхо- вой	Sph. balticum 35, Sph. magellanicum 15, Sph. angustifolium 5, осока 5, пушица 25, сосна 15	30	1,3	2,4	27,8
175-200	комплекс- ный пере- ходный	не опр.	30	1,8	2,9	28,4
200-225	травяно- гипновый переходный	Sph. balticum 10, гипновые мхи 40, пушица 20, осока 20, сосна 10	30	2,0	2,9	35,6
225-250	травяно- гипновый переходный	не опр.	30	2,0	3,0	27,4
250-275	осоково- гипновый низинный	осока 70, гипновые мхи 30	30	-	3,2	34,2
275-300	осоково- гипновый низинный	не опр.	30	-	3,4	41,3
300-325	осоково- гипновый низинный	не опр.	30	-	3,6	36,1

Методы исследования. Гуминовые кислоты (ГК) выделяли 0,1 н NaOH по схеме, описанной в [5]. Спектры инфракрасного поглощения ГК записывали на ИК-Фурье – спектрометре Nicolet 5700 на дисках KBr в интервале значений частоты от 500 до 4000 см⁻¹. Регистрация УФ-спектров поглощения 0,001%-ных водных растворов ГК проводили на спектрофотометре Unicso 2100 (США) в диапазоне длин волн 200-700 нм в кварцевой кювете толщиной 10 мм с интервалом в 5 нм.

Общую численность и биомассу микроорганизмов определяли прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии. При количественном учете клеток почвенных бактерий и мицелия актиномицетов препараты окрашивали водным раствором акридина оранжевого, для окраски мицелия и спор грибов применяли калькофлуор белый [6]. Из показателей ферментативной активности определяли активность пероксидазы и полифенолоксидазы методом Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской в трех повторностях [7]. Результаты исследований. С поверхности и до глубины 175 см торфяная залежь (ТЗ) сложена верховыми торфами разного ботанического состава, далее идет травяно-гипновый переходный торф, который сменяется осоково-гипновым низинным. Мощность ТЗ – 3,25 м. Торф в ТЗ характеризуется низкой зольностью, низкой величиной рН, высокой степенью разложения.

Рассмотрим свойства выделенных ГК. Анализ ИК-спектров ГК позволяет отметить соответствие профилей полос поглощения типичным для ГК. Таким образом, полученные ИК спектры соответствуют профилям полос поглощения, типичным для ГК (рис. 1).

Количественная оценка содержания функциональных групп по данным ИК-спектроскопии определяется на основании отношений оптических плотностей полос поглощения кислородсодержащих групп к оптическим плотностям, соответствующим ароматическим полисопряженным при 1600 см⁻¹ и алифатическим заместителям при 2925 см⁻¹, рассчитанных на основании [8, 9], представлена в таблице 2.

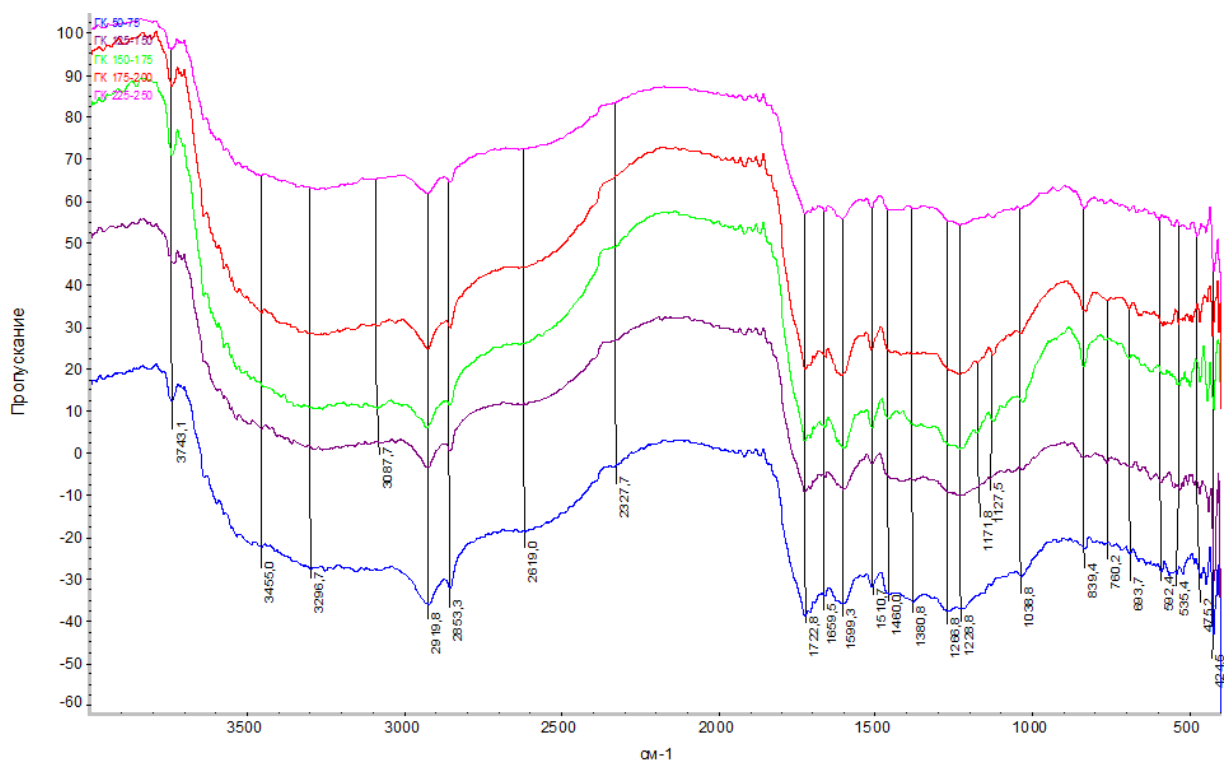


Рис. 1. ИК спектры гуминовых кислот

Таблица 2

Соотношение оптических плотностей полос поглощения при определенных длинах волн по данным ИК-спектроскопии

Оптическая плотность	Объект, см				
	50-75	125-150	150-175	175-200	225-250
$A_{\text{O-H3300}}/A_{\text{C=C1600}}$	1,05	1,07	1,25	1,15	1,03
$A_{\text{C=O1725}}/A_{\text{C=C1600}}$	0,98	0,99	1,21	1,04	1,00
$A_{\text{C-O1210}}/A_{\text{C=C1600}}$	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99
$A_{\text{C-O и C-O-C1039}}/A_{\text{C=C1600}}$	1,04	1,03	1,29	1,15	1,00
$A_{\text{алк2925}}/A_{\text{C=C1600}}$	1,00	1,04	1,16	1,11	1,02
$A_{\text{O-H3300}}/A_{\text{алк2925}}$	1,05	1,03	1,08	1,04	1,01
$A_{\text{C=O1725}}/A_{\text{алк2925}}$	0,98	0,95	0,90	0,93	0,98
$A_{\text{C-O1210}}/A_{\text{алк2925}}$	0,99	0,94	0,86	0,90	0,97
$A_{\text{C-O-C1039}}/A_{\text{алк2925}}$	1,04	0,99	1,11	1,04	0,98

Соотношение оптических полос поглощения функциональных кислородсодержащих групп, алкильных заместителей, спиртовых и углеводных эфирных фрагментов к ароматическим

фрагментам показало преобладание алкильных заместителей, гидроксильных групп, спиртовых и углеводных эфирных фрагментов над ароматическими структурами во всех пробах торфа. Это связано с большей замещенностью атомов водорода в ароматическом кольце на гидроксильные, алкильные заместители и эфирные фрагменты. Самые высокие значения содержания гидроксильных групп $A_{O-H3300}/A_{C=C1600} = 1,25$ отмечаются в пробе, отобранной с глубины 150-175 см. Наибольшее содержание алкильных заместителей – в пробе, отобранной с глубины 150-200 см – $A_{алк2925}/A_{C=C1600} = 1,16-1,11$.

Соотношение карбоксильных групп и их функциональных производных к ароматическим структурам $A_{C=O1725}/A_{C=C1600}$ и $A_{C-O1210}/A_{C=C1600}$, практически эквивалентно. Гидроксильные группы преобладают над алкильными фрагментами, отношение $A_{O-H3300}/A_{алк2925}$ во всех пробах больше 1. Соотношение оптических полос поглощения карбоксильных групп и их функциональных производных, а также простых эфирных групп к алифатическим заместителям ($A_{C=O1725}/A_{алк2925}$, $A_{C-O1210}/A_{алк2925}$, $A_{C-O-C1039}/A_{алк2925}$) свидетельствует о преобладании алкильных заместителей над кислородсодержащими функциональными группами. Исключение составляют ГК торфа с глубин залегания 50-75 см ($A_{C-O-C1039}/A_{алк2925}=1,04$), 150-175 см ($A_{C-O-C1039}/A_{алк2925}=1,11$), 175-200 см ($A_{C-O-C1039}/A_{алк2925}=1,04$).

Перейдем к характеристике биологического режима в торфяной залежи в конкретных погодных условиях летнего периода (май – сентябрь) 2014 г., который можно охарактеризовать, как теплый и засушливый. Окислительно-восстановительные условия в ТЗ на этот период характеризуются контрастными условиями (рис. 2), что отчасти определяется подстилающими песчаными породами, которые улучшают газообмен в ТЗ, поставляя, в том числе, и необходимый микроорганизмам кислород.

Долгое время считалось, что торфы очень бедны микроорганизмами, а некоторые исследователи говорили о его стерильности. Впервые о микрофлоре торфов заговорили в работах 20-30-х гг. XX века. Было установлено, что торфяники содержат различные группы микроорганизмов: бактерии, актиномицеты, грибы, дрожжи и ферменты микроорганизмов и растений.

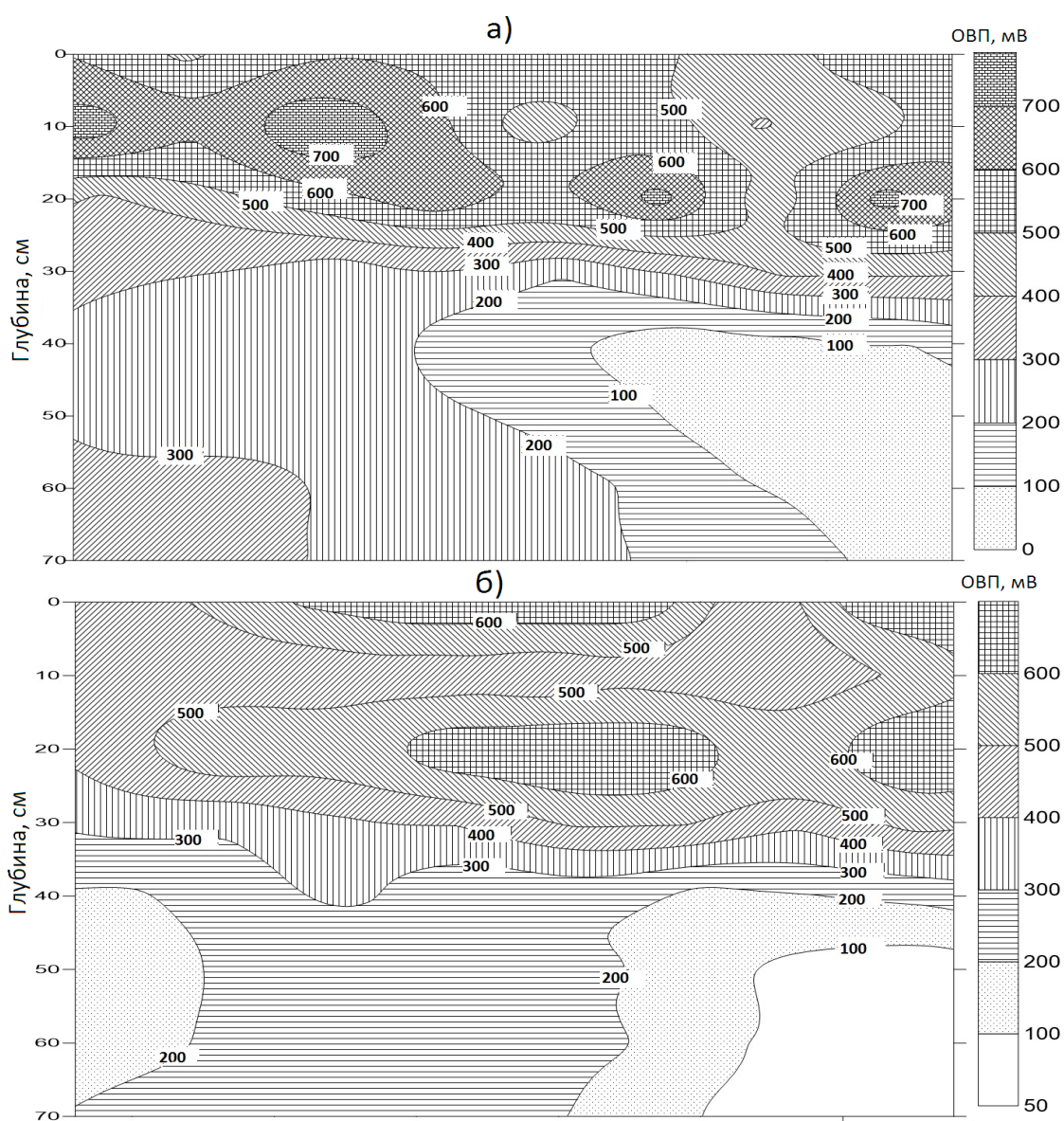


Рис. 2. Окислительно-восстановительный потенциал в торфяной залежи болота:

а) значения окислительно-восстановительного потенциала в месте отбора образцов на микробиологический анализ; б) в 50 м от а

В залежи исследуемого болота по всему профилю, вплоть до подстилающей породы, микрофлора активна (рис. 3). Мицелий грибов и актиномицетов фиксировался на выборочных глубинах ТЗ. Численность бактерий и спор грибов плавно уменьшалась вниз по профилю. Грибной мицелий был выявлен преимущественно в верхних слоях залежи.

В придонном слое также происходит изменение отдельных компонентов, но в других сочетаниях. Важно отметить, что изменение содержания микрофлоры в нижних слоях происходит в условиях, практически не меняющихся на протяжении всего го-

да: температуре 4-5°C и влажности – полная влагоемкость. Например, выявленная по всей ТЗ сезонная динамика бактерий показала, что в верхних и нижних слоях их численность различалась по месяцам в 1,5-2 раза. Длина актиномицетного мицелия в ТЗ в верхних слоях изменялась по месяцам в 2-3 раза, в нижних – не более, чем в 1,5 раза.

В грибной составляющей микробной биомассы на всех глубинах преобладали споры. Грибной мицелий фиксировался только до глубины 175 см, максимальные значения отмечались в верхних слоях (24-56 м/г). Таким образом, в структуре микробной биомассы в ТЗ болота преобладает бактериальная составляющая. Грибной компонент в верхних слоях представлен мицелием и спорами, в нижних – преимущественно спорами. Сезонная динамика микробной биомассы была выявлена на всех глубинах, но более интенсивные изменения затрагивали верхние слои. В то же время изменения микроорганизмов на глубине свидетельствуют о размножении микробного комплекса и в нижних слоях. Таким образом, состояние микробного ценоза может служить критерием биологической активности торфов как на момент его добычи, так и критерием качественного изменения характеристики торфов в будущем, что отмечается и другими авторами [10].

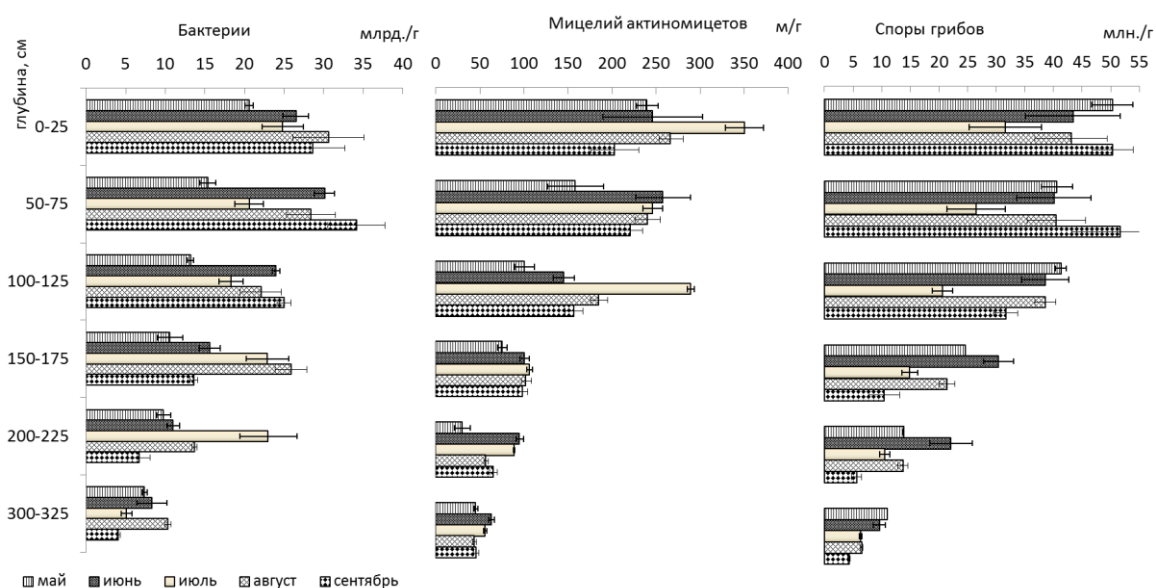


Рис. 3. Микробная биомасса в торфяной залежи верхового болота

Рассмотрим динамику ферментов. Известно, что показателем интенсивности процессов трансформации ОВ в ТЗ является активность ферментов полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПДО). В ТЗ ферменты поступают из микроорганизмов, растений как в качестве прижизненных выделений для выполнения физиологических функций, так и после отмирания организмов. Полифенолоксидазы катализируют окисление фенолов (моно-, ди-, три-) до хинонов в присутствии кислорода. Хиноны в соответствующих условиях при взаимодействии с аминокислотами и пептидами образуют первичные молекулы ГК. Следует отметить высокую активность ПФО в торфах исследуемого болота, по сравнению с болотами аналогичного генезиса (рис. 4). Наибольшую активность ПФО проявляют в верхнем слое 0-25 см. По отдельным месяцам периода исследований содержание ПФО различается, но и нижние слои ТЗ характеризуются динамикой ПФО по месяцам. Так, в верхнем слое наименьшие значения фермента отмечаются во влажные периоды (май, июль), а максимум активности ПФО – в последующие за ними сухие месяцы (июнь, август).

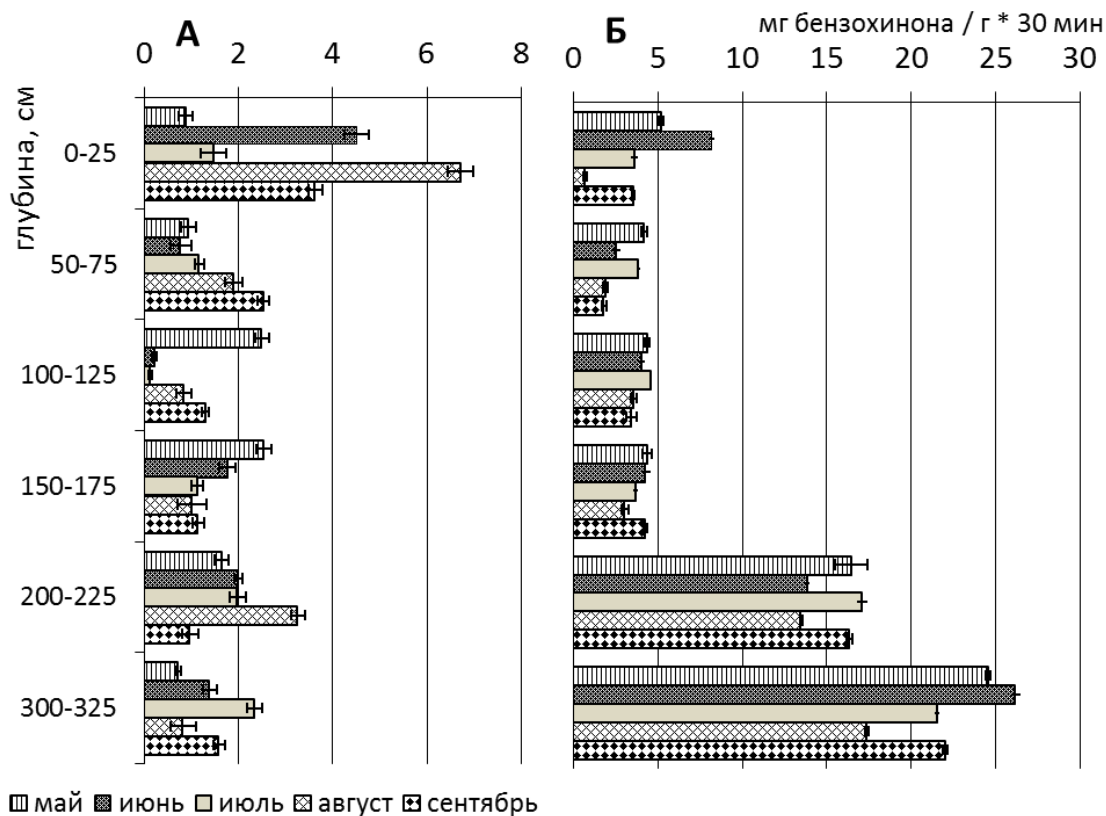


Рис. 4. Динамика полифенолоксидазной (А) и пероксидазной (Б) активности в торфяной залежи олиготрофного болота

В средней части залежи (50-175 см) более благоприятные условия для деятельности фермента наблюдаются, преимущественно, в мае и сентябре, а в нижней части ТЗ (200-325 см) – в июле-августе.

Пероксидаза катализирует реакцию окисления ОВ за счет кислорода перекиси водорода и других органических перекисей, образующихся в ТЗ в результате жизнедеятельности микроорганизмов и действия некоторых оксидаз. Пероксидаза может окислять субстраты как за счет кислорода перекиси водорода, так и в присутствии кислорода воздуха [11, 12]. Слой ТЗ мощностью 175 см, сложенный олиготрофными торфами, характеризуется низкими значениями ПДО (не превышают 8,16 мг 1,4-бензохинона / г • 30 мин.). Одновременно в нижней части ТЗ (200-325 см) активность ПДО увеличивается в 3-5 раз, по сравнению с вышележащими слоями. Такое перераспределение активности ПДО по ТЗ олиготрофных болот отмечается и другими учеными [13]. Динамика ПДО активности на пункте наблюдений в верхнем (0-25 см) и нижнем (300-325 см) слоях характеризовалась более высокими значениями в июне, по сравнению с весенними и осенними показателями. Исключение составляет средний слой 100-175 см, в котором не прослеживается закономерность в динамике фермента.

Заключение. Таким образом, на основании методик определены основные признаки, позволяющие отнести выделенные из природных объектов органические соединения к классу ГК. Для получения гуминовых веществ можно выделить слой торфа глубиной залегания от 150 до 325 см.

Такие структурные особенности ГК позволяют им участвовать в разнообразных окислительно-восстановительных реакциях, в фермент-субстратных взаимодействиях, образовывать комплексные соединения хелатного типа и т.д. Кроме того, ГК, являясь гетерополиконденсатами арилгликопротеидной природы, могут служить источником структурных фрагментов органических макромолекул при биосинтезе, происходящем в живых организмах. Все это обуславливает их многопрофильные фармакологические и ростстимулирующие свойства.

Динамика распределения активности ферментов показывает взаимозависимость с другими факторами (температура, осад-

ки, окислительно-восстановительные условия и др.). Наиболее активно окислительно-восстановительные процессы, протекающие с участием ПФО, осуществляются в верхнем аэробном слое 0-25 см торфяной залежи, в то время как процессы, катализируемые ПДО, более интенсивно протекают в нижней части торфяной залежи. Но в целом процессы разложения ОВ не прекращаются по всей глубине ТЗ.

В зависимости от создающихся условий торфогенеза в ТЗ в конкретные годы по метеоусловиям, микрофлора и ферменты проявляют разную активность с получением разнообразных продуктов биохимического синтеза, а, следовательно, эти показатели позволяют прогнозировать изменения природного сырья в процессе эксплуатации месторождения. Имеет место и предположение, следующее из динамики биологической активности торфов в ТЗ, что при отборе сырья следует учитывать временной период его отбора. В дальнейшем предполагается разработать биологические и химические критерии для диагностики БАВ торфов, выявить знаковые БАВ, определить их статус и создать биокадастр торфов для фармакологической и сельскохозяйственной продукции. На основании этих данных выбирается наиболее перспективный сырьевой источник для конкретного препарата. Скрининг торфяных препаратов по широкому спектру биологических эффектов позволит обогатить наши представления о биологическом действии гуминовых и других БАВ веществ торфа и расширить сферы применения получаемых торфяных препаратов в различных областях биологии, медицины и сельского хозяйства.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ № 5.7004.2017/БЧ) и в рамках гранта Программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Структурная организация гуминовых веществ лечебных грязей, углей и сланцев в процессе щелочного гидролиза / Г.П. Александрова, М.В. Лесничая, Г. Долмааз [и др.] // География и природные ресурсы. 2016. № 6. С. 70-75.
2. Химическая модификация гуминовых кислот торфа природными и синтетическими регуляторами роста растений и биологическая актив-

- ность полученных препаратов / А.Ю. Швыкин, К.Б. Чилачава, О.И. Бойкова [и др.] // *Агрохимия*. 2017. № 6. С. 45-51.
3. Сизова Н.В., Стрельникова Е.Б., Русских И.В. Исследование антиоксидантной активности липидов торфов и сапропелей Западной Сибири // *Химия растительного сырья*. 2017. №4. С. 181-186.
 4. Кашинская Т.Я. Использование торфа для получения продуктов на основе гуминовых кислот // *Химия твердого топлива*. 2017. № 6. С. 47-52.
 5. Король Н.Т., Лиштван И.И. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 319 с.
 6. Головченко А.В., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г. Микробиологические основы оценки торфяника как профильного почвенного тела // *Вестник ТГПУ*. 2008. Вып. 4 (78). С. 46-53.
 7. Инишева Л.И., Ивлева С.Н., Щербакова Т.А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. Томск: Том. ун-та, 2003. 122 с.
 8. Васильев Е.В., Гриценко Е.В., Щукин Т.Г. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: учебное пособие. СПб.: СПбГЛТА, 2007. 54 с.
 9. Сильверстейн Р., Вебетер Ф., Кимл Д. Спектрометрическая идентификация органических соединений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 520 с.
 10. Комаров А., Комаров А. Изменение физиологической активности гумусовых веществ в процессе гумификации. Fourth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies. «From Molecular Analysis of Humic Substances – to Nature-like Technologies». (HIT-2017). October 15- 21, 2017. P. 78-79.
 11. Саундерс Б.К. Пероксидазы и каталазы // *Неорганическая биохимия*. Т. 2. М.: Мир, 1978. С. 434-470.
 12. Гулько А.Е., Хазиев Ф.Х. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность // *Почвоведение*. 1992. № 11. С. 55-67.
 13. Szajdak L.W., Styla K. Phenol oxidase activity and the concentrations of total phenolic in peat profile of peatland by Nierybno lake in Tuchola forest national park // *Necessity of peatlands protection*. Poznan, 2012. P. 77-86.

Н.В. СЕМЕНДЯЕВА, д-р с.-х. наук, профессор

СибНИИЗиХ СФНЦА, Новосибирск

Т.Г. ЛОМОВА, канд. с.-х. наук

СибНИИ кормов СФНЦА, Новосибирск

ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕНЕЗИСА, СВОЙСТВ И МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Обобщены результаты исследований за 45-летний период по изучению генезиса, свойств и мелиорации солонцов Западной Сибири. В результате совместной работы учёных НИИ и ВУЗов разработаны и внедрены агро-мелиоративная группировка солонцов и технологии мелиорации различных видов сельскохозяйственных угодий – пашни, сенокосов и пастбищ. Усовершенствована шкала по подбору соле- и солонцеустойчивости сельскохозяйственных культур. Накопленный научный и производственный опыт позволяет повысить урожайность и качество продукции на солонцовых комплексах.

Вопросам изучения и сельскохозяйственного использования солонцов юга Западной Сибири всегда уделялось большое внимание со стороны учёных, т.к. данные почвы широко распространены на этой территории. Их площадь составляет по региону около 6,2 млн га, в том числе в пашне – примерно 3,0 млн га (табл. 1).

Солонцы не встречаются сплошными массивами, а залегают пятнами различной величины и конфигурации среди зональных почв (чернозёмов, лугово-чернозёмных, чернозёмно-луговых и луговых почв), тем самым ухудшается плодородие всего массива. К.П. Горшенин ещё в 20-е годы прошлого столетия происхождения водораздельных засоленных почв в пониженных элементах рельефа объяснял аккумуляцией солей, сносимых с повышенных форм рельефа при участии степных растительных формаций. Он считал, что содержащиеся в почвах соли являются результатом прежних и современных почвообразовательных процессов [2].

**Площади и состав солонцовых комплексов
Западной Сибири, тыс. га [1]**

Область, край	Сельхозугодья	Всего	в т.ч. с участием солонцов, %		
			<30	30-50	>50
Омская	всего,	1949	265	383	1301
	в т.ч. пашня	1026	220	295	511
Новосибирская	всего,	2914	1007	140	1767
	в т.ч. пашня	1403	819	93	491
Кемеровская	всего,	89	49	26	14
	в т.ч. пашня	57	32	18	7
Алтайский край	всего,	1230	722	88	420
	в т.ч. пашня	568	461	55	52
по региону	всего,	6188	2043	637	3502
	в т.ч. пашня	3054	1532	461	1061

Происхождение солонцов и солончаков, которые формируются пятнами и кольцами вокруг озёр и болот, К.П. Горшенин объяснял их засоляющей ролью. Они являются водосборниками с окружающей местности. В них сносятся все легкорастворимые солевые продукты, образующиеся в процессе почвообразования и выветривания. При усыхании озёр и болот концентрация солей возрастает, и они с капиллярной каймой выпотевают на поверхность [3]. В настоящее время доказано, что основным источником солей на юге Западной Сибири, в т.ч. в Барабинской равнине, являются третичные глины, в которых соли остались от третичного моря – вода ушла, а соли, находящиеся на небольшой глубине, принимают активное участие в почвообразовательном процессе [4].

Согласно коллоидно-химической теории К.К. Гедройца [5], генезис засоленных почв происходит по схеме: солончак – солонец – солодь. В Западной Сибири образуется таким образом около 3% солонцов в основном сульфатного и хлоридно-сульфатного засоления. Формирование солонцов смешанного и содового засоления связано с пульсацией водно-солевого режима в профиле луговых и лугово-чернозёмных почв [6, 7, 8]. В последнее время большое значение соленакоплению стали уделять сотрудники ИПА СО РАН, в частности А.А. Сеньков [9].

Он связывал формирование солевого состава почв и грунтовых вод с поступлением солей с атмосферными осадками. Им конкретно определено количество солей (от 13,3 до 20,98 г/м²), ежегодно поступающих в почвы Западной Сибири с атмосферными осадками. Следует особо подчеркнуть, что поступление солей в почву из атмосферы никто из исследователей, в том числе и К.П. Горшенин, никогда не отрицал, но большого значения данному явлению в почвенном галогенезе не предавалось.

Солонцовые почвы являются сложным почвенным объектом как для изучения, так и для разработки мероприятий по их освоению. К 1969 году (к образованию Сибирского отделения ВАСХНИЛ, а затем Россельхозакадемии, а ныне Сибирского Федерального научного центра агротехнологий РАН) был накоплен определённый опыт по изучению и освоению солонцовых почв Поволжья, Казахстана, Сибири. Огромный вклад в изучение и освоение солонцов Сибири внёс Н.В. Орловский [10, 11]. Среди его работ следует особо выделить оценку соле- и солонцестойчивости возделываемых культур, теорию трансформации солонцов под влиянием фитомелиорации, разработку приёмов химической мелиорации гидроморфных солонцов и землевания пятен солонцов. В Омском СХИ создаётся проблемная лаборатория мелиорации солонцов под руководством д. с.-х. н., профессора Н.Д. Градобоева и филиал этой лаборатории в Алтайском сельскохозяйственном институте, который возглавил Я.Г. Баркан. В 1975 году в Сибирском НИИ кормов создаётся лаборатория кормопроизводства на солонцах, которую возглавил М.Д. Константинов. В 1979 году в СибНИИ земледелия и химизации открывается лаборатория химической мелиорации почв (зав. лабораторией Н.В. Семендяева). В СибНИИ механизации и электрификации под руководством зам. директора по науке П.Г. Кулебакина проводилась большая исследовательская работа по усовершенствованию и разработке новых орудий для обработки солонцов.

Решение поставленной сложной задачи требовало комплексного подхода и всестороннего изучения солонцовых комплексов. Поэтому при Сибирском отделении ВАСХНИЛ был создан совет по мелиорации солонцов, который объединил усилия учёных всего региона, занимающихся данной проблемой. В

его состав вошли специалисты Сибирского отделения, Алтайского, Омского, Тюменского сельскохозяйственных институтов, опытных станций (Северо-Кулундинской, Кулундинской и Ишимской), а также сотрудники Института почвоведения и агрохимии (ИПА) СО РАН. Вначале данный совет возглавлял д. б. н. П.С. Панин из ИПА, а затем академик РАСХН В.И. Кирюшин.

В результате совместных комплексных исследований был разработан и предложен целый ряд мероприятий по сельскохозяйственному освоению солонцов с учётом результатов предыдущих исследований (табл. 2).

Таблица 2

**Приёмы освоения солонцовых почв юга Западной Сибири
и ведущие авторы разработок**

Приёмы освоения солонцовых почв	Учёные – авторы разработок
1. Послойная обработка сенокосов и пастбищ	П.Г. Кулебакин – СибИМЭ В.А. Молоканов – СибИМЭ СибНИИ кормов
2. Химическая мелиорация	Н.В. Орловский – СибНИИСХОз Н.Д. Градобоев, Л.В. Березин – ОмСХИ В.И. Кирюшин – ВНИИЗХ (Казахстан) П.С. Панин, Т.Н. Елизарова – ИПА СО РАН Н.В. Семендяева – ОмСХИ, СибНИИ кормов, СибНИИЗиХ А.Я. Баркан, И.Т. Трофимов – АСХИ В.Ф. Федоткин – Тюменский СХИ
3. Самомелиорация (плантажная и ярусная вспашки)	Н.Д. Градобоев – ОмСХИ В.Н. Соколов – Северо-Кулундинская опытная станция по мелиорации засоленных почв (р.п. Баган НСО) В.И. Кирюшин – ВНИИЗХ (Казахстан)
4. Землевание	Н.В. Орловский – НСХИ И.Т. Трофимов, А.Н. Назарчук – Алтайский СХИ
5. Фитомелиорация	М.Д. Константинов, В.Х. Яковлев, В.А. Молоканов – СибНИИ кормов

Всё многообразие солонцовых комплексов Зауралья и Западной Сибири было объединено в агромелиоративные группы с учётом их зональных особенностей, гидроморфности, мощности надсолонцового горизонта, количества поглощённого натрия, характера и типа засоления, содержания легкорастворимых солей, глубины залегания карбонатов и гипса, а также процентного участия солонцов в комплексе (табл. 3) [12]. В связи с принципиальным изменением подходов к использованию агроландшафтов, в настоящее время данная агромелиоративная группировка заменяется более детальной – агроэкологической, разработанной Н.И. Добротворской [13]. Суть её состоит в том, что типы земель выделяются по степени проявления ведущего признака, определяющего тип использования и агротехнологии или по сочетанию нескольких из них, например: переувлажнение почв часто сопровождается усилением проявления солонцеватости и засоления.

Таблица 3

**Агромелиоративная группировка солонцов пашни
и рекомендуемые мероприятия по их улучшению**

Агро-группа	Характеристика солонцовых комплексов, входящих в агропроизводственную группу	Вид мелиорации
I	Комплексы зональных солонцеватых, солончаковатых почв с солонцами глубокими различного типа засоления и средними нейтрального типа засоления	Зональная технология, с периодическим глубоким рыхлением 1 раз за ротацию севооборота
II	Комплексы с участием до 10% корковых и мелких солонцов автоморфных и полугидроморфных	Землевание или химическая мелиорация пятен солонцов
III	Комплексы солонцов, преимущественно корковых, мелких и частично средних глубокогипсовых свыше 10% площади, с уровнем грунтовых вод глубже 1,5 м и минерализацией до 1,5 г/л при содовом засолении и	Химическая мелиорация до 70% площади солонцов – выборочная, свыше 70% – сплошная

Агро-группа	Характеристика солонцовых комплексов, входящих в агропроизводственную группу	Вид мелиорации
	уровнем грунтовых вод глубже 2 м и минерализацией не более 5 г/л при нейтральном и смешанном засолении, а также на лессовидных породах с высокой водоподъемной способностью при глубине грунтовых вод более 2,5 м	
IV	Комплексы с участием более 50% солонцов автоморфных и полугидроморфных корковых, мелких и средних высококарбонатных глубокогипсовых нейтрального типа засоления не выше средней степени (кроме лесостепной зоны)	Плантажная вспашка с выборочной химической мелиорацией слоя 0-10 см
V	Комплексы с участием более 50% солонцов автоморфных и полугидроморфных корковых и мелких высококарбонатно-гипсовых нейтрального типа засоления не выше среднего в слое 0-40 см	Плантажная вспашка
VI	Комплексы с участием более 30% солонцов автоморфных и полугидроморфных, преимущественно средних и глубоких высококарбонатно-гипсовых нейтрального типа засоления не выше среднего	Ярусная вспашка
VII	Комплексы луговых солонцовых почв и солонцов сильнозасоленных в слое 0-40 см с уровнем залегания грунтовых вод выше 1,5 м и минерализацией более 5 г/л	Глубокая безотвальная обработка
VIII	Комплексы луговых почв и солонцов с очень сильным засолением в слое 0-40 см, а также при содержании в комплексе солончаков более 10%	Использовать в пашне нецелесообразно

Для сенокосов и пастбищ, расположенных на солонцовых комплексах была разработана и внедрена на больших площадях региона послойная обработка. Суть её заключалась в применении глубокого безотвального рыхления (до 35 см) в сочетании с предварительной поверхностной обработкой (фрезой или дисковыми орудиями) верхнего надсолонцового горизонта. Для проведения послойной обработки, сотрудниками СибИМЭ создана рыхляще подрезающая стойка конструкции СибИМЭ, которая легла в основу орудий РС-1,5, РСН-2,9 и РСН-2,9У. Данная стойка стала широко применяться не только на солонцах, но и на солонцеватых почвах, в основном тяжелого гранулометрического состава (чернозёмах, лугово-чернозёмных и чернозёмно-луговых). Она обеспечивала хорошее крошение и лучшее агрегатное состояние пахотного горизонта по сравнению с плоскорезами. Срок действия послойной обработки – 5-7 лет. Затем необходимо проводить повторную обработку теми же орудиями [14].

Таблица 4

**Урожайность сена сеяных трав по послойной обработке
(данные СибНИИкормов)**

Хозяйство, район, область	Культура	Площадь, га	Урожайность, т/га
Совхоз «Козловский» Барабинского р-на, Новосибирской обл.	посо+донник	360	2,0
	посо+люцерна	125	2,5
	люцерна	125	2,5
	овёс	120	1,8
	кострец+люцерна	190	1,3
Совхоз «Маяк» Чановского р-на	кострец+люцерна	440	1,1
Совхоз «Буртинский» Беляевского р-на Оренбургской обл.	житняк	3420	1,3
	суданская трава	100	2,5

Для проведения сроков использования старовозрастных многолетних трав сотрудниками СибНИИ кормов разработана технология их «омоложения» (авторы М.Д. Константинов, В.Х. Яковлев). Обработка проводилась рыхлителем солонцов РС-1,5 с чизельными рабочими органами, расположенными на раме через 50 см. Глубина обработки – 30-35 см. Перед каждой

стойкой чизельной лапы крепился дисковый нож. Глубина его хода 10-12 см. Благодаря ножу улучшалось качество обработки щели и минимизировалось повреждение корневой системы трав. После рыхления урожайность трав возрастала в 1,5-2 раза, а в корме увеличивалось содержание каротина. Положительное действие обработки сохранялось в течение 3-4 лет. Затраты окупались в первый год пользования [16].

Для солонцовых почв степных районов Северной Кулунды, в слое 0-40 см которых имеются значительные естественные запасы (15-60 т/га) карбо-натов или гипса, предложен способ самомелиорации – мелиоративными обработками (ярусной или плантажной). При этом вовлекались в пахотный горизонт соли кальция (CaCO_3 и CaSO_4). Они перемешивались с солонцовым горизонтом, и таким образом происходила химическая мелиорация. Ярусная обработка рекомендована на глубоких и средних и, частично, на мелких солонцах, на которых при обработке можно сохранить плодородный гумусовый горизонт на поверхности. Плантажную обработку проводили на старопахотных, преимущественно корковых и мелких солонцах, в которых в результате ранее проводимых обработок солонцовый и подсолонцовый горизонты перемешаны и вывернуты на поверхность. В результате плантажной обработки мобилизуются внутрипочвенные запасы солей кальция, происходит хорошее крошение солонцового горизонта, и создаётся мощный однородный пахотный слой. Данная разработка была усовершенствована для сибирских условий и внедрена в производство сотрудниками Северо-Кулундинской опытной станции под руководством Н.В. Соколова [17]. Действие одноразовых обработок сохраняется в течение 10 лет и более (табл. 5).

Многолетние исследования СибНИИкормов (1983-2017 гг.), выполненные М.Д. Константиновым, М.А. Кухарь и Т.Г. Ломовой, свидетельствуют о том, что на фоне послонной обработки насыщение фитомелиоративных севооборотов засухо-, соле- и солонцеустойчивыми культурами способствует улучшению водно-физических и химических свойств солонцов, повышению продуктивности и плодородия, превращению солонцов в глубокосолончаковатые остаточные солонцовые почвы [18].

Влияние мелиоративных обработок на продуктивность сельскохозяйственных культур на солонцах степной зоны [16]

Показатели	Сбор с 1 га, ц к.ед.		
	безотвальное рыхление на 28-30 см (контроль)	плантажная вспашка на 40-42 см	прибавка
Кормовой севооборот	11,9	16,0	+4,1
Многолетние травы	5,9	10,1	+4,2

Большое внимание исследователями засоленных почв Западной Сибири уделялось подбору и усовершенствованию шкалы соле- и солонцеустойчивости сельскохозяйственных культур, которая впервые была предложена Н.В. Орловским для почв содового и сульфатно-содового засоления [10], а затем усовершенствована И.Т. Трофимовым [8]. Шкала, предложенная И.Т. Трофимовым, в настоящее время широко используется научными учреждениями, производителями, а также вошла в учебные пособия аграрных вузов.

Сотрудниками СибНИИ земледелия и химизации и другими исследователями региона разработана и внедрена технология химической мелиорации солонцов на пахотопригодных массивах с участием корковых и мелких солонцов. Нормы мелиорантов устанавливаются для каждого элементарного участка и колеблются в широких пределах – от 5-6 до 40 т/га даже на одном массиве и рекомендуются для внесения на пятна солонцов (выборочная мелиорация).

Было научно обосновано применение двух методов расчёта доз мелиорантов: 1. Метод Гедройца, который основан на вытеснении обменного натрия кальцием гипса. Данный метод применялся в Новосибирской области, и для него сотрудниками СибИМЭ разработана и обоснована требуемая величина крошения почвы, которая обеспечивала более эффективное протекание процессов химической мелиорации. При проектировании рабочих органов проведена оценка эффективности механических способов основной обработки почвы в разных диапазонах изменения влажности [19].

Сотрудниками СибИМЭ М.К. Ягуповым, Д.Н. Носовым и Сибирского НИИ земледелия и химизации на базе рыхления РС-1,5 разработана установка для внутрпочвенного и пневматического внесения химических мелиорантов [20].

2-й метод расчёта доз мелиорантов – метод донасыщения, разработан сотрудниками ОмСХИ. Данный метод основан на определении потребности в кальции конкретного вида солонца в сравнении со средней для зоны потребностью в кальции несолонцевой почвы. Вычитая из величины потребности солонца в кальции величину его поглощения зональной почвой, рассчитывают необходимую дозу мелиорантов. Этот метод использовался при составлении проектно-сметных документаций в Омской области [21].

В качестве мелиорантов до 1996 года применяли в основном сыромолотый гипс Кунгурского гипсового завода (Пермский край) и фосфогипс – отход суперфосфатного производства (Свердловская область, Башкортостан). Однако для Западной Сибири наиболее перспективным месторождением является самосадочный гипс из озера Джиря Алтайского края. Его структура мелкозернистая, он не слёживается и после высушивания без дополнительной доработки легко вносится разбрасывателем. Кроме того, можно использовать месторождение гипса озера Дунай с запасами около 10 млн т [8].

Как показали длительные наблюдения (30-40 лет) в опытах и производственных условиях, одноразовое внесение химических мелиорантов (гипса и фосфогипса) превращало практически бесплодную землю в пашню среднего качества. Урожайность зерновых возрастала в среднем на 10 ц /га, и более, а силосных культур – на 100 ц /га и более.

Все работы по мелиорации солонцов оплачивались за счёт средств Госбюджета. В Новосибирской области за период с 1984 по 1996 гг. силами районных отрядов «Агропромхимия» промелиорировано около 36 тыс. га, а в Омской области – 316 тыс. га [22].

Для чернозёмной зоны Алтайского края предложена мелиорация солонцов землеванием. Для этого на поле выделяли пятна солонцов и с окружающих чернозёмных несолонцеватых почв с помощью скрепера на данные пятна наносили слой поч-

вы 10-15 см. При мощности гумусового горизонта <40 см почву снимать нельзя. На участки почв со снятым слоем обязательно нужно вносить органические (60-80 т/га) или минеральные удобрения. После проведения работ по землеванию поле выравнивали автогрейдером или планировщиком с последующим глубоким безотвальным рыхлением (30-35 см). В дальнейшем обработка мелиорированного поля велась безотвально [23].

Таким образом, дифференцированные мероприятия по мелиорации солонцов в различных сельскохозяйственных угодьях позволили вовлечь в сельскохозяйственный оборот низкоплодородные почвы, повысить их плодородие, урожайность и качество возделываемых культур. Однако в настоящее время данные работы незаслуженно прекращены, хотя проблема повышения плодородия и использования солонцов стоит не менее остро. Накопленный научный и производственный опыт по освоению солонцовых комплексов позволит значительно увеличить урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распределение земельного фонда в СССР. М., 1980.
2. Горшенин К.П. К вопросу об эволюции почвенного покрова Западно-Сибирской низменности // Науч. сб. Сибир. Ин-та сел. хоз-ва и пром-ти. Омск, 1921. С. 3-12.
3. Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). М.: АН СССР, 1955. 590 с.
4. Рихтер Г.Д. Рельеф и геологическое строение Западной Сибири // Природные условия и естественные ресурсы СССР. М.: АН СССР, 1963. С. 19-70.
5. Гедройц К.К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация // Изб. соч. Т.1. М.: Сельхозиздат, 1932. 141 с.
6. Панин П.С., Долженко И.Б., Чуканов В.И. Процессы засоления и рас-солнения почв. Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1976. 174 с.
7. Градобоев Н.В. Современное состояние проблемы генезиса солонцов Западной Сибири // Мелиорация солонцов. М., 1972. С. 39-56.
8. Генезис, эволюция, свойства, мелиорация и сельскохозяйственное использование засоленных почв Предалтайской провинции: монография / И.Т. Трофимов и др.; под общ. ред. И.Т. Трофимова. Барнаул: АГАУ, 2009. 222 с.
9. Сеньков А.А. Галогенез степных почв (на примере Ишимской равнины). Новосибирск: Наука СО РАН, 2004. 152 с.

10. Орловский Н.В. Подбор кормовых трав и травосмесей для засоленных гривных земель Барабы и основные вопросы их агротехники // За сельскохозяйственное освоение Барабы (сборник трудов Убинской опытно-мелиоративной станции. Вып.1). Новосибирск, 1946. С. 39-85.
11. Орловский Н.В. Исследования по генезису, солевому режиму и мелиорации солонцов и других почв Барабинской низменности // Труды Почв. Ин-та им В.В. Докучаева. Т. 44. 1955. С. 238-401.
12. Системы земледелия на пахотных солонцовых комплексах Зауралья и Западной Сибири // Рекомендации ВАСХНИЛ. Сиб. Отд.-ние. СибНИИЗХим. Новосибирск, 1990. 32 с.
13. Агроэкологическая оценка и типизация земель как базовый элемент проектирования адаптивно-ландшафтного земледелия // Методические рекомендации ГНУ СибНИИ земледелия и химизации сел. хоз-ва. Новосибирск, 2011. 55 с.
14. Кулебакин П.Г. Послойная обработка солонцов Барабинской низменности. Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-ние, 1981. 149 с.
15. Константинов М.Д., Яковлев В.Х. Влияние системы обработки почвы в кормовых севооборотах при коренном улучшении лугов на плодородие и продуктивность солонцовых комплексов // Мелиорация и сельскохозяйственное использование солонцов Западной Сибири и Зауралья. Новосибирск, 1986. С.119-131.
16. Яковлев В.Х. Поверхностное улучшение кормовых угодий на солонцовых комплексных почвах Барабы Новосибирской области.
17. Соколов В.Н., Шаврыгин П.Н. Мелиоративная эффективность обработки солонцов // Повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур в Северной Кулунде. Новосибирск, 1980. С. 3-25.
18. Константинов М.Д., Ломова Т.Г., Кухарь М.А. Фитомелиоративные луговые севообороты на солонцовых почвах Западной Сибири. Новосибирск, 2011. 104 с.
19. Утенков Г.Л. Утончённая методика определения глубистости поверхности поля // Мелиорация солонцов и рекультивация земель Северного и Центрального Казахстана. Целиноград, 1983. С. 67-69.
20. Семендяева Н.В., Д.П., Пыльник П.А. Внутрипочвенное внесение мелиорантов на солонцах Западной Сибири // Сибирский вестник с.-х. науки. 1982. №1. С. 49-54.
21. Березин Л.В. Мелиорация и использование солонцов Сибири. Омск: ОмГАУ, 2005. 206 с.
22. Стройнов В.К., Колебер В.Г. Мелиоративные приёмы повышения продуктивности малоплодородных солонцовых почв в Западной Сибири // Проблемы регионального использования малоплодородных земель. Омск, 2009. С. 140-144.
23. Назарчук А.Г. Мелиорация солонцов землеванием. М.: Колос, 1995. 94 с.

Л.Н. Скипин, д-р с.-х. наук

ТИУ, Тюмень

В.А. Федоткин, д-р с.-х. наук

*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, г. Тюмень*

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Проблема использования засоленных почв в настоящее время является одной из основных в системе землепользования. К засоленным относятся такие почвы, которые содержат в своем составе легкорастворимые соли в токсичных для растений количествах. Источником солей для данных почв являются горные породы, продукты извержения вулканов, золовый перенос солей, атмосферные осадки, грунтовые воды, оросительные и ирригационные почвенно-грунтовые воды, растительность (солеросы). Наиболее распространенными среди засоленных почв являются солонцы, содержащие в поглощенном состоянии повышенное количество обменного натрия в иллювиальном горизонте (более 15% от емкости катионного обмена) [10].

Солонцовые почвы обладают рядом отрицательных водно-физических и химических свойств: высокая дисперсность, набухаемость, слабая водопроницаемость и фильтрационная способность, бесструктурность, медленное наступление физической спелости почвы, при увлажнении липкость, малая подвижность воды, пониженный воздухообмен, сильное сжатие почвенной массы при высыхании, твердость и большое сопротивление, щелочная реакция среды, токсичность солей, дефицит кальция и избыток натрия [1, 8, 11, 10]. Достаточно отметить, что площадь указанных почв в комплексе с зональными на Урале и в Западной Сибири составляет более 10 млн га (табл. 1) [4, 6].

Территория, включающая Оренбургскую, Челябинскую, Курганскую, Тюменскую, Омскую, Новосибирскую области и Алтайский край, характеризуются большой неоднородностью природных условий.

Таблица 1

**Структура солонцовых комплексов на Урале
и в Западной Сибири, тыс. га**

Область, край	Всего	Наличие солонцов, %		
		10-30	30-50	>50
Оренбургская	1431	720	99	606
Челябинская	1365	721	92	551
Курганская	2203	636	190	1377
Свердловская	631	225	50	302
Тюменская	389	176	30	182
Омская	3364	485	678	1812
Новосибирская	4317	2311	233	2258
Кемеровская	146	1826	44	21
Алтайский край	1798	1183	143	472
	15254	6108	1562	7581

Здесь имеются ландшафты сухой степи с каштановыми почвами (Кулунда, Оренбургская область), ландшафты степи с южными и обыкновенными черноземами (Омская, Челябинская, Оренбургская, Новосибирская области, Алтайский край), ландшафты колючей лесостепи с обыкновенными и солонцеватыми черноземами (Челябинская, Курганская, Омская области) и ландшафты северной лесостепи с лугово-черноземными почвами, выщелоченными и серыми лесными почвами (Тюменская, Курганская, Челябинская, Омская, Новосибирская области и Алтайский край) [1].

При мелиоративной диагностике солонцовых почв учитывается ряд важных характеристик, в частности, почвенные комплексы, где среди зональных солонцы занимают 10-30%, 30-50 и более 50%. Плодородные земли, имеющие менее 10% солонцов, в мелиоративном фонде не учитываются. На комплексных почвах с наличием от 10-30 до 50% солонцов целесообразна выборочная химическая мелиорация (если солонцы располагаются мелкими пятнами), а свыше 50% – сплошная. Гидродинамический режим определяет многие мелиоративные свойства солонцов. Тип этого режима устанавливается по уровню залегания грунтовых вод с учетом состава почвообразующих и подстилающих пород.

Целесообразность мелиорации зависит от типа гидрологического режима. По режиму определяется характер использования солонцов. Луговые солонцы можно осваивать тогда, когда минерализация грунтовых вод не превышает критических величин. Мелиорация лугово-степных и степных солонцов не зависит от стояния грунтовых вод (табл. 2) [6].

Таблица 2

Критическая минерализация грунтовых вод в зависимости от глубины их залегания и состава пород

Глубина залегания грунтовых вод, м			Минерализация, г/л
глины тяжелые, суглинки легкие	суглинки средние	глины средние, легкие, суглинки тяжелые	
<1,0	<1,2	<1,5	<1,5
1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	1,5-3,0
1,2-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	3,0-5,0
1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	5,0-10,0
2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	>10,0
>2,5	>3,0	>3,5	-

Характер засоления солонцов определяет особенности приемов их освоения. Важнейшие показатели засоления – это глубина залегания солевого горизонта, химизм и степень засоления. Наиболее трудоемки в мелиоративном плане освоения солонцы с высоким уровнем расположения максимума солей и с повышенным содержанием соды.

Степень солонцеватости почв зависит от обменного натрия и играет определяющую роль в расчете дозы химического мелиоранта. По содержанию обменного натрия солонцы подразделяются на остаточные (менее 10% от емкости поглощения), малонатриевые (10-20%), средненатриевые (20-40%) и многонатриевые (более 40%). Приемы мелиорации солонцов должны быть строго дифференцированы в связи с их качественным и количественным разнообразием [4].

При мелиорации солонцовых почв (улучшение физических свойств, создание мощного плодородного слоя, замена обменного натрия кальцием, удаление избытка водорастворимых солей из корнеобитаемого слоя) для повышения продуктивно-

сти выращиваемых культур рекомендуется применять два основных метода: химический и самомелиорации. Химический метод мелиорации солонцов предусматривает внесение химических мелиорантов извне. Этот метод – единственное средство повышения плодородия солонцов с глубоким залеганием карбонатов и гипса (глубже 40-50 см). На степных солонцах гипсование целесообразно сочетать с поливом. При высоком залегании карбонатов и гипса используется метод самомелиорации за счет использования глубоких плантажных и ярусных обработок [6].

Опыты, проведенные в Западной Сибири и на Урале, доказали высокую эффективность химической мелиорации. Срок последействия продолжается более 40-50 лет [1-3, 5, 7, 8, 10,11].

Местные залежи гипса имеет Алтайский край, где обнаружено около 20 месторождений. Наиболее перспективным для использования является Джиринское месторождение (озеро Джиринское Кулудинского района), запасы которого достаточны для полной мелиорации всех солонцов Алтайского края и соседних районов других областей. Его эффективность проверена и доказана на территории Западно-Сибирского региона Урала и Республики Казахстан [4].

Огромные запасы природного гипса находятся в Пермском крае (г. Кунгур), возле города Соликамска расположено месторождение карналлита, который зарекомендовал себя как хороший коагулянт.

Однако следует особо отметить, что в качестве мелиоранта весьма перспективен отход химической промышленности – фосфогипс. Он кроме гипса содержит 0,5-1,5% подвижного фосфора (P_2O_5). Огромные запасы его находятся в Свердловской области, г. Ревда.

Аналогичное действие на почву оказывает и железный купорос – отход лакокрасочной промышленности. Он применяется в Челябинской области и представляет собой мелкозернистый порошок, который обладает хорошей сыпучестью и слабой слеживаемостью, доза его по сравнению с гипсом должна быть увеличена в 1,6 раза.

Применительно к Тюменской области в качестве мелиоранта-коагулянта важным резервом следует рассматривать при-

родные запасы диатомита, цеолита и шламы очистки поверхностных и артезианских вод Велижанского водозабора. Следует отметить, что запасы диатомита в северных округах исчисляются миллиардами тонн. Предварительные лабораторные опыты показывают, что наибольшую эффективность показывает прокаленный диатомит, результативность обычного диатомита крайне низка. Цеолит и шламовые отходы очистки поверхностных и артезианских вод действуют избирательно с учетом химизма засоления почв. Это свидетельствует о необходимости производственных испытаний их на солонцах нейтрального и содового засоления.

Важно отметить, что в работах ученых Сибири и других регионов получили обоснование теоретические и практические вопросы, связанные с освоением солонцов. Однако учитывая генетические особенности солонцов в различных зонах и даже в пределах определенного региона, необходимо постоянное совершенствование применяемых методов химической и агробиологической мелиорации, а также комплексного использования их применительно к конкретным агро-мелиоративным условиям.

Цель исследований – выявить длительное последствие кальций содержащих мелиорантов на водно-физические и физико-химические свойства солонцов, и их продуктивность применительно к Западно-Сибирскому региону.

Задачи исследований: дать теоретическое и практическое обоснование дозы вносимого мелиоранта с учетом интенсивности оттока продуктов обменных реакций; проследить изменение количественного и качественного состава солей в почве под действием гипсования разными дозами, установить возможности вытеснения обменного натрия из почвенного поглощающего комплекса за длительный мелиоративный период, определить отзывчивость культур-фитомелиорантов на многолетнее последствие химической мелиорации.

Почвенный покров опытного стационара в северной лесостепи (совхоз «Вагайский» Омутинского района) представлен залежным корковым и мелким солонцом. Согласно классификации, он относится к луговым многонатриевым сульфатно-содовым высококарбонатным глубокогипсовым тяжелосуглинистым почвам. Количество обменного натрия в солонцовом

горизонте составляет 40-72% от емкости обмена. Максимальное содержание водорастворимых солей (0,6%) приурочено к слою 10-40 см.

Методы исследований: опыты проводились на гидроморфных черноземно-луговых солончаковых сульфатно-содовых средnezасоленных глубококарбонатных глубокогипсовых корковых многонатриевых столбчатых солонцах Тюменской области. Опыты по химической мелиорации закладывались в 1972 г., площадь делянок 400 м², повторность 4-х кратная. Обменный натрий определялся по методу Гедройца. Анализ водной вытяжки проводился по следующим методикам: щелочность от растворимых карбонатов – потенциометрически, хлорид-ионы – комплексометрически, калий и натрий по разности.

Исследования показали, что за годы наблюдений уровень слабоминерализованных грунтовых вод колебался от 1,2 до 2,4 м, максимальным он был после полного снеготаяния. В качестве контроля использовался залежный солонец. Солевой режим залежного солонца показал, что общее содержание солей в метровом слое колебалось в пределах 48-58 т/га, наибольшее их количество приходилось на засушливые годы. В составе солей преобладала сода 28,2 т/га, на долю хлоридов приходилось до 7 т/га, сульфатов – 5,3 т/га. Доминирование соды в солонцах придавало им сульфатно-содовое засоление, что приводило к усилению их щелочности и токсичности. Внесение фосфогипса в 1972 г. существенным образом изменило качественный и количественный состав водной вытяжки по всему почвенному профилю (табл. 3).

Так, количество солей в метровом слое снизилось в сравнении с контрольным вариантом на 15-20 т/га. При этом существенное снижение отмечалось за счет снижения соды, за годы исследований ее содержание в этом слое упало в 3,6-5,4 раз. При полной дозе фосфогипса вынос соды из почвенного профиля происходил интенсивнее, при этом содержание продуктов обменных реакций в форме сульфатов увеличилось в 2 раза. Данное явление не приводило к усилению напряженности солевого режима, так как токсичность сульфатов на несколько порядков ниже таковой по соде.

Таблица 3

Содежание анионов (т/га) в водной вытяжке корковых солонцов сульфатно-содового засоления после 34 лет мелиорации, 1972-2006 гг.

Слой, см	$\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$	Cl	SO_4^{2-}	Σ анионов
Контроль, без мелиоранта				
0-10	1,1	0,6	0,5	2,2
0-40	5,7	2,9	2,5	11,1
0-100	28,2	7,0	5,3	40,5
Фосфогипс, 21 т/га				
0-10	0,3	0,2	1,0	1,5
0-40	1,9	1,1	5,0	8,0
0-100	7,9	4,6	16,7	29,2
Фосфогипс, 43 т/га				
0-10	0,1	0,1	0,9	1,1
0-40	0,7	0,7	4,9	6,3
0-100	5,2	3,1	17,2	25,5

Таблица 4

Содежание обменных катионов в луговых корковых солонцах сульфатно-содового засоления за мелиоративный период 1972-2006 гг.

Глубина, см	%, от емкости обмена			
	Na	K	Ca	Mg
Контроль, без мелиоранта				
0-10	28,8	8,5	8,6	24,6
10-20	45,9	5,4	7,4	23,9
20-40	53,4	7,2	4,8	24,6
Фосфогипс, 21 т/га				
0-10	4,4	7,2	18,3	18,4
10-20	4,4	3,4	16,4	16,4
20-40	19,0	5,8	26,3	26,3
Фосфогипс, 43 т/га				
0-10	2,2	5,9	28,2	20,2
10-20	3,9	4,6	29,7	18,9
20-40	16,6	5,1	22,4	21,5

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что внесение мелиорантов в полной и половинной дозах приводило к суще-

ственному ослаблению солонцеватости. Так, если первоначально в корковом солонце (слой 0-40 см) содержание обменного натрия находилось на уровне средненатриевого до многонатриевого (28,8-53,4% от емкости обмена), то после гипсования в заявленных дозах уровень солонцеватости понизился до остаточного и малонатриевого, соответственно, 2,2-19%. Принятое ранее положение о кратковременности или полном отсутствии мелиоративного процесса в условиях близкого расположения грунтовых вод не нашло своего подтверждения. Важно отметить, что доза фосфогипса для слоя 0-15 см (21 т/га) по своей продолжительности не уступала полной расчетной дозе слоя для 0-30 см (43 т/га). Количество обменного натрия, сохранившееся в слое 0-20 см, было на одинаковом уровне как при половинной, так и полной дозах мелиоранта.

Продуктивность сухой массы травостоя многолетних трав за годы исследований по половине дозы составляла 21,2 ц/га, при внесении полной дозы – 24,7 ц/га. На залежном участке (контроль) она не превышала 3,2 ц/га.

Выводы.

Использование на корковых солонцах отхода химической промышленности фосфогипса позволяет более 34 лет получать устойчивую продуктивность многолетних трав при существенном улучшении основных химических свойств данных почв. Для залужения мелиорируемых солонцов достаточно внесения полной дозы фосфогипса для слоя 0-15 см, рассчитанной по Гедройцу. В полевых севооборотах доза мелиоранта должна рассчитываться для слоя 0-30 см.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березин Л.В. Мелиорация и использование солонцов Сибири: монография. Омск: ОмГАУ, 2006. 208 с.: ил.
2. Ерёмченко О.З. Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. Пермь: Пермского ГУ, 1997. 317 с.
3. Оборин А.И. О мелиорации и освоении солонцов в условиях неорошаемого земледелия черноземной полосы Западной Сибири // Вопросы мелиорации солонцов. М.: АН СССР, 1958. С. 239-278.
4. Мелиорация солонцов Южного Урала и Западной Сибири (рекомендации), М., 1976. 48 с.
5. Парфенов А.И., Воропаева З.И., Зубарева Р.Д. Эффективность химической мелиорации солонцов в лесостепной зоне Омской области // Осо-

- бенности мелиорации солонцово-солончаковых почв Западной Сибири: сб. науч. тр. ОмСХИ. Омск, 1986. С. 4-10.
6. Рекомендации по мелиорации солонцовых земель. М.: Колос, 1983. 45 с.
7. Семендяева Н.В., Елизаров Н.В. Динамика солевого состава солонцов Барабы в течение 27-32-летнего действия гипса // Вестник НГАУ. 2014. № 1(30). С. 41-45.
8. Скипин Л.Н. Солонцы Сибири: экологические аспекты освоения. Тюмень, 2000. 216 с.
9. Сапега В.А. Практикум по экологии: учебное пособие. Тюмень: ТюмГУ, 2002. 144 с.
10. Федоткин В.А. Солонцы Сибири и Урала. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма, 1993. 144 с.
11. Хусаинов А.Т., Скипин Л.Н., Гузеева С.А. Возможности рекультивации и освоения солонцов Западной Сибири: монография. Тюмень-Кокшетау, 2012. 240 с.

УДК: 631.445.53:631.6

**А.Т. ХУСАИНОВ, д-р биол. наук,
Р.К. ХУСАИНОВА, канд. с.-х. наук**
*Кокшетауский госуниверситет им. Ш. Уалиханова,
г. Кокшетау, Республика Казахстан*

ВЛИЯНИЕ ДОЗ ВНЕСЕНИЯ ФОСФОГИПСА НА ПРОЦЕСС МЕЛИОРАЦИИ В ГИДРОМОРФНОМ МЕЛКОМ СОЛОНЦЕ ПРИ КОРЕННОМ УЛУЧШЕНИИ

Площадь солонцов, солонцеватых и засоленных почв в Западной Сибири и Южном Урале составляет 9 млн гектаров, большая часть их расположена в составе природных кормовых угодий. Продуктивность сенокосов и пастбищ в естественном состоянии на солонцовых почвах очень низкая, она не превышает 5-6 ц/га сена низкого качества [1].

Большие площади солонцов и низкая их продуктивность вызывают необходимость проведения мелиоративных работ, направленных на улучшение отрицательных водно-физических

и химических свойств почвы и повышение продуктивности природных кормовых угодий.

Классическим методом мелиорации солонцов является гипсование, которое позволяет снизить степень солонцеватости почвы за счет вытеснения катионов натрия из почвенного поглощающего комплекса кальцием гипса. При этом достигается улучшение физических и химических свойств почвы. Химическая мелиорация применяется главным образом на мелких автоморфных, полуавтоморфных солонцах содового типа засоления [2]. На гидроморфных солонцах обычно химическая мелиорация не применяется из-за опасности вторичного засоления [3].

Цели исследований: разработать энерго-, ресурсосберегающую технологию химической мелиорации черноземных мелких гидроморфных целинных солонцов, обеспечивающих повышение плодородия почвы и продуктивности природных кормовых угодий в 5-6 раз.

Задачи исследований: изучить влияние доз внесения фосфогипса на водно-физические, физико-химические, биологические свойства, питательный режим гидроморфного мелкого солонца и урожайность сена многолетних трав.

Условия, методика, объекты и предметы исследований. Полевые исследования проведены на Нерпинском солонцовом стационаре НИИСХ Северного Зауралья на территории землепользования ОПХ «Ишимское» Ишимского района Тюменской области.

Стационар расположен на равнинном лугово-степном пастбище на солонцах лесостепной зоны. Угодье – типчаково-разнотравно-осоковое пастбище на солонцеватых почвах переменного увлажнения, сильно выбитое скотом. Почва: солонец черноземный, луговой, средне натриевый, сильно засоленный, хлоридно-сульфатный, солончаковатый, глубокогипсовый, глубококарбонатный, мелкий, столбчатый, осолоделый, тяжелоуглинистый. Содержание обменного натрия в слое 0-30 см – 33% от емкости поглощения. Количество водорастворимых солей в слое 0-40 см – 0,54%, максимум их скопления начинается с глубины 23 см. Обеспеченность нитратным азотом и доступным фосфором была низкой, обменным калием – высокой. Уровень грунтовых вод колеблется в пределах 1,4-2,8 м [4].

Для решения поставленных задач был заложен полевой опыт: «Влияние доз фосфогипса на водно-физические, физико-химические свойства мелких гидроморфных солонцов и урожайность многолетних трав».

Схема опыта: 1) контроль – без мелиоранта; 2) фосфогипс 10 т/га; 3) фосфогипс 15 т/га; 4) фосфогипс 20 т/га; 5) фосфогипс 25 т/га; 6) фосфогипс 30 т/га; 7) фосфогипс 15 + навоз 60 т/га; 8) целина – естественная растительность. Повторность опыта 4-х кратная. Площадь деланки 125 кв. м, учетная – 50 кв. м.

Опыт заложили на целинном участке. Летом внесли фосфогипс в соответствии с принятой схемой. Следом провели дискование дернины на глубину 8-10 см в 6 следов дисковой бороной БДТ-3,0 с последующим самостоятельным боронованием в 4 следа боронами ЗБЗТ-1,0. В августе почву обработали рыхлителем солонцов РС-1,5 на глубину 28-30 см. В пару, по мере появления сорняков, провели лушение на глубину 5-6 см в 1 след луцильником ЛДГ-5,0 с самостоятельным боронованием в 2 следа боронами ЗБЗСС-1,0. Ранней весной следующего года участок бороновили в 4 следа боронами ЗБЗСС-1,0.

20 мая внесли минеральные удобрения из расчета $N_{60}P_{60}$ разбрасывателем туков РТТ-4,2; провели лушение на глубину 5-6 см в 1 след луцильником ЛДГ-5,0, боронование в 2 следа боронами ЗБЗСС-1,0, прикатывание катками ЗКК-6,0А, посев сеялкой СЗТ-3,6 и послепосевное прикатывание. Посеяли травосмесь: донник желтый Альшеевский 12 кг/га, люцерна желто-гибридная Марусинская-425 10 кг, кострец безостый СибНИИСХоз-189 12 кг под покров проса Кормовое-45, 16 кг/га. На травах второго года жизни проводили подкормку удобрениями из расчета $N_{60}P_{45}$. В последующие годы осуществлялась ежегодная подкормка в дозе $N_{90}P_{60}$. Следом проводили боронование в 2 следа средними боронами.

В опыте проводили следующие наблюдения, учеты и анализы: плотность почвы по Н.А. Качинскому; водопрочность почвенных агрегатов – методом П.И. Андрианова; количество воднопептизируемого ила по методике ОмГАУ; влажность почвы – термостатно-массовым методом; полевая влагоемкость почвы – путем залива металлических рам; полевая водопроницаемость почвы на приборе ПВН; микробиологическая актив-

ность почвы – методом льняных полотен по Е.Н. Мишустину; солевой состав почвы – общепринятым методом водной вытяжки (Е.А. Аринушкина, 1970); емкость поглощения – по Захарчуку; обменный кальций и магний – вытеснением их уксуснокислым аммонием, натрий – на пламенном фотометре; рН водной вытяжки – потенциометрическим методом; гумус – по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова; нитратный азот ($N-NO_3$) – методом Грисса в модификации Магницкого и Капустинского; подвижные фосфаты (P_2O_5) и обменный калий (K_2O) – по Мачигину; урожайность зеленой массы – сплошным методом, сена – по пробному снопу (методика ВНИИ кормов); статистическая обработка урожайных данных – методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова.

В годы исследований отмечены характерные для данной зоны климатические условия, включая нормальные и аномальные: 1 год был избыточно увлажненным (ГТК=1,6-1,9); 2 года – достаточно увлажненным (ГТК 1,1-1,5); 4 года – недостаточно увлажненными (ГТК 0,8-1,0) и 3 года – засушливыми (ГТК 0,6-0,7).

Результаты и их обсуждение. В условиях полевого опыта нами установлены изменение количества и состава водорастворимых солей под воздействием фосфогипса. Исходная засоленность почвы была высокой. В год закладки опыта содержание водорастворимых солей в корнеобитаемом слое (0-50 см) на целинном солонце составило летом 33,8, осенью 84,7 т/га. На контрольном варианте в процессе парования происходило существенное опреснение почвы, запасы солей составили летом 30,9; осенью – 51,2 т/га. На варианте фосфгипс 10 т количество солей было меньше контроля летом на 4,7 т/га, осенью – даже на 12,3 т/га. На вариантах с более высокими дозами фосфогипса (15-30 т) засоленность значительно выше контроля. Причем, с возрастанием дозы фосфогипса степень засоления закономерно повышалась.

Повышение уровня засоленности в связи с увеличением дозы фосфогипса объясняется тем, что с большим количеством фосфогипса в почву вносилось большее число сульфат-ионов. А в богарных условиях на гидроморфных солонцах промывка продуктов обмена затруднена.

Анализ водной вытяжки за 8 лет показал, что на гипсованных вариантах процесс рассоления носил нестабильный характер. Но наблюдалась тенденция к рассолению за весь период освоения. Так, на целинном солонце запасы солей в слое почвы 0-30 см составили в среднем 0,45%. На контрольном варианте без мелиоранта степень засоления снизилась до 0,34%. На вариантах фосфогипс 10 и 15 т степень засоления почвы существенно не отличалась от контроля (0,33%). На вариантах с более высокими дозами фосфогипса (20 и 30 т) уровень засоления был выше (0,42 и 0,45%), чем на контроле. Минимальное количество солей установлено на варианте гипс + навоз – 0,29 %.

В начальный (4-х летний) период мелиорации снижение засоления обеспечивали только малые дозы (10, 15 т) и совместное внесение фосфогипса с навозом. Так, на контрольном варианте запасы водорастворимых солей в среднем за 4 года составляли 27,8 т/га, на вариантах фосфогипса 10 т – 23,6; 15 т – 23,5 и фосфогипс 15 т + навоз 60 т – 21,5 т/га, а при более высоких дозах фосфогипса (20-30 т) солей в почве больше на 3,1-4,5 т/га.

Содержание токсичных солей в корнеобитаемом слое в среднем на целине составило 23,9 т/га, а на контроле – без мелиоранта – 20,3 т/га. То есть, даже агробиологическая мелиорация способствовала существенному уменьшению токсичных солей на 3,6 т/га по сравнению с целинным солонцом. А на вариантах 10, 15 т фосфогипса и фосфогипс + навоз отмечалось, по сравнению с контролем, существенное снижение токсичных солей. Количество их составило, соответственно, 17,1; 14,8 и 12,3 т/га. На вариантах с более высокими дозами (20-30 т) снижение запасов токсичных солей было менее значительным, но существенным.

В гидроморфных условиях степень засоления по годам и сезонам резко варьировала. На контрольном варианте она колебалась с 0,16 % до 0,50 %. Но в целом здесь наблюдалось устойчивое рассоление почвы по сравнению с исходным засолением. На гипсованных вариантах отмечалось существенное уменьшение содержания водорастворимых солей. Так, в осенний период засоленность снизилась на вариантах фосфогипс 10 и 15 т от 0,52% до 0,21 и 0,26%; фосфогипс 20 и 30 т – от 0,80 и

0,92% до 0,30 и 0,48% и на варианте фосфогипс + навоз – от 0,56 до 0,33%.

В опыте по дозам фосфогипса исходное содержание поглощенного натрия составляло (слой 10-30 см) на целине 18,2 мг-экв на 100 г почвы, на контроле – 18,7 и на вариантах с гипсованием – 18,0-22,3. Под многолетними травами во 2-й и 3-й годы освоения даже без внесения мелиорантов количество натрия в почвенном поглощающем комплексе резко уменьшилось до 7,3 и 9,2. Но уже с 4-го года содержание натрия возросло и на 8-й год составило 14,9; в среднем – 13,8 мг/экв. А внесение фосфогипса способствовало устойчивому снижению содержания поглощенного натрия в мелком солонце: во второй год мелиорации – до 5,2-10,8 мг-экв, на третий год – до 1,2-6,5, на восьмой год – до 2,5-4,1 мг-экв и в среднем составило 6,5-7,5 мг-экв, т.е. на мелиорированных вариантах количество натрия уменьшилось в среднем в два раза по сравнению с контролем. При этом дозы фосфогипса не оказывали существенного влияния на содержание натрия в исследуемом солонце. Хотя в первые годы освоения с увеличением дозы фосфогипса наблюдалось закономерное уменьшение количества натрия в почвенном поглощающем комплексе. Внесение фосфогипса способствовало снижению солонцеватости уже на 2-й год мелиорации в 2-3 раза, на 3-й год – в 3,5 раза и более, на 8-й год – в 5-7 раз по сравнению с исходным состоянием почвы.

Исследуемые солонцы характеризовались щелочной реакцией почвенной среды. В среднем за годы исследования величина рН в слое почвы 10-20 и 20-30 см на целине была 8,6 и 9,1; в контроле – 8,5 и 9,3. В мелиорированных вариантах значение рН постепенно снизилось за 7 лет с 8,5 и 9,4 до 6,8 и 7,9 и в среднем составило 7,7-8,2 и 8,8-9,0, т.е. на 0,3-0,8 и 0,3-0,5 ниже, чем на контроле. Более существенное нейтрализующее воздействие на почву оказало совместное внесение фосфогипса с навозом, где рН составило в среднем 7,7 и 8,9. Варианты в зависимости от доз фосфогипса по величине рН водной вытяжки мелиорируемого слоя 10-30 см существенно не отличались друг от друга и составляли в пределах 8,4-8,6 (в слое 10-20 см 8,0-8,2 и в слое 20-30 см 8,8-9,0), т.е. дозы фосфогипса не оказали су-

ществленного влияния на водородный показатель почвенной среды.

На контрольном варианте одна механическая обработка без химической мелиорации приводила к постепенному распылению поверхностного слоя почвы. Так, водопрочность почвенных агрегатов в слое 0-10 см здесь в год освоения составила 98%, а в последующие годы она снизилась до 1-21%, т.е. уничтожение естественной растительности и частичное выворачивание солонцового горизонта на поверхность привело к резкому ухудшению структурного состояния почвы. Внесение фосфогипса в почву существенно улучшило ее структурное состояние. На варианте фосфогипс 10 т величина водопрочности равнялась 41,2%, фосфогипс 20 т – 43,0% и фосфогипс 30 т – 42,0%. Под влиянием химической мелиорации коренное улучшение водопрочности отмечалось в верхнем 10-ти сантиметровом слое почвы. Так, на контроле она составила 42,5%, а на гипсованных вариантах, в зависимости от дозы фосфогипса, 70,6-78,6%. Процесс оструктуривания почвы в той или иной степени происходил по всему мелиорируемому слою. В горизонте 20-30 см водопрочность составила в контрольном варианте только 3,6%, а на мелиорированных вариантах – 22,7-32,2%, т.е. возросла в 6-9 раз.

В среднем за 8 лет исследования содержание воднопептизируемого ила в слое 10-30 см целинного солонца составляло 19,6%. Коренное улучшение способствовало снижению ила до 14,8%. Химическая мелиорация обеспечивала более высокий мелиоративный эффект. На варианте фосфогипс 10 т воднопептизируемого ила было 9,9%, 20 т – 8,1% и 30 т – 6,2%, т.е. с увеличением дозы фосфогипса степень дисперсности почвы снижалась.

Плотность почвы в слое 0-10 см в среднем на контроле и на гипсованных вариантах составляла в пределах 0,9-1,0 г/см³. Механической обработкой без химической мелиорации удалось разуплотнить солонцовый (10-20 см) горизонт до 1,26 г/см³. Но здесь, начиная с третьего года, наблюдалась постепенная реставрация исходной плотности иллювиального слоя. А на вариантах фосфогипс 10 т, фосфогипс 30 т и фосфогипс + навоз величина плотности снизилась, соответственно, до 1,12 г/см³ 1,15

и $1,16 \text{ г/см}^3$. В слое 20-30 см плотность почвы существенно не отличалась от контроля.

Полевая водопроницаемость почвы была очень низкой. При увлажнении солонцовый горизонт набухал, становился слабопроницаемым. На целинном солонце скорость впитывания воды через 5-6 часов съемки не превышала 0,2 мм/м. На участке коренного улучшения она была выше – 0,4 мм/м. Внесение фосфогипса способствовало повышению водопроницаемости почвы по сравнению с контролем в 2 раза и составило 0,7-0,8 мм/м.

По средним многолетним данным на участке коренного улучшения запасов продуктивной влаги значительно больше, чем на целинном солонце. Они составили, соответственно, весной 154 и 188 мм, летом – 130 и 175 мм, осенью – 171 и 180 мм/м. На гипсованных вариантах весной и осенью влажность существенно не отличалась от контрольного варианта – 177-195 мм/м и 159-192 мм/м, а летом меньше – 133-167 мм/м. Это связано с большим расходом почвенной влаги на формирование большего урожая. Варианты доз фосфогипса по запасам продуктивной влаги в почве существенно не отличались друг от друга.

Полевая влагоемкость целинного солонца составила 384 мм/м. Коренное улучшение природных кормовых угодий позволило повысить влагоемкость исследуемых солонцов до 434 мм/м. Химическая мелиорация мелких гидроморфных солонцов не способствовала повышению гидрофильности почвы. Она даже существенно снизилась по сравнению с контролем, но была выше, чем на целинном солонце.

Следует отметить высокую полевую влагоемкость гидроморфных солонцов даже в естественном состоянии, а коренное улучшение природных кормовых угодий способствовало еще большему повышению полевой влагоемкости исследуемых почв.

Исследуемый солонец в естественном состоянии обладает низким эффективным плодородием. Почва особенно обеднена доступным азотом. В начале освоения участка обнаружены только следы нитратного азота. В последующие годы на фоне азотно-фосфорных удобрений содержание N-NO_3 в почве возросло: в слое 0-40 см на целине в среднем составило 128 мг и на контроле – 104 мг/кг. На мелиорированных вариантах нитратного азота в почве было больше. Причем с увеличением дозы

фосфогипса с 10 до 20 и 30 т количество N-NO₃ возрастало до 154 мг, 183 и 203 мг/кг. Максимум нитратов накапливался на варианте фосфогипс + навоз – 22,2 мг/кг.

В условиях гидроморфного увлажнения азотный режим питания имел свои особенности. Весной на целинном солонце содержание N-NO₃ очень низкое, летом и осенью количество его увеличивалось. На контроле, наоборот, весной азота больше, чем летом; максимум азота – 25 мг/кг отмечался осенью, а на мелиорированных вариантах наибольшее количество азота отмечалось летом. И это при тех условиях, когда расходуется больше доступного азота на формирование большего урожая.

Обеспеченность почвы P₂O₅ была низкой. Весной на контроле она составила в среднем 20 мг, на целине – 21 мг/кг. Варианты с малыми дозами фосфогипса (10, 15 и 20 т) существенно не отличались от контроля – 19-22 мг. А на вариантах с более высокими дозами фосфогипса подвижного фосфора было значительно выше. Максимум P₂O₅ отмечали на вариантах фосфогипс 30 т и фосфогипс + навоз – 35 мг/кг. В среднем за вегетационный период содержание фосфора в почве составило на контроле 23 мг, на вариантах фосфогипс 10, 15 и 20 т, соответственно, 24, 22 и 24 мг/кг, то есть существенно не отличалось от контроля. На вариантах фосфогипс 25, 30 и фосфогипс + навоз P₂O₅ содержание фосфора было больше – 32,31 и 30 мг/кг.

Обеспеченность почвы обменным калием была очень высокой. В среднем она составила на целине 280 и на контроле 230 мг. На вариантах фосфогипс 10, 15 и 20 т содержание K₂O существенно не отличалось от контроля – 220-240 мг/кг. А на вариантах фосфогипс 25, 30 т и фосфогипс + навоз обменного калия было больше – 320, 310 и 300 мг/кг.

Гидроморфные солонцы северной лесостепной зоны обладают довольно высоким потенциальным плодородием. В нашем опыте средняя гумусированность надсолонцового горизонта (0-10 см) составила 9,3%. Вниз по профилю она резко снижалась и в слое 20-30 см составила 4,9%. Дозы фосфогипса не оказали существенного влияния на содержание гумуса в мелиорируемом слое почвы.

Микробиологическая активность почвы за годы возделывания многолетних трав на контроле составила в среднем

20,6%. На мелиорированном солонце, в зависимости от дозы фосфогипса, она была выше на 39,3-56,8%. Причем, более активный биологический процесс наблюдался на вариантах с малыми нормами фосфогипса. Так, при норме 10 т активность разложения льнополотна составила в среднем 30,5, при норме 20 т – 32,3%, а при норме 30 т – 28,7%. Прибавка к контролю равнялась, соответственно, 48,1%, 56,8 и 39,3%.

Урожайность покровной культуры – проса на контроле составила 2,20 т/га, на гипсованных вариантах – 3,28-3,86 т/га сена, что выше контроля на 1,08-1,66 т/га, или 49,1-75,4%. С увеличением дозы фосфогипса с 10 до 30 т наблюдалась тенденция к росту урожайности проса – с 3,28 до 3,57 т/га. Но разница была незначительной. Наибольший эффект получили на варианте фосфогипс 15 + навоз 60 т, где была наибольшая прибавка урожая – 1,66 т/га (75,4%). Каждая тонна внесенного мелиоранта дала дополнительно 0,11 т/га сена. Хороший эффект обеспечил также вариант фосфогипс 10 т. Здесь также получено по 0,11 т/га сена на 1 т мелиоранта (табл. 1).

Таблица 1

**Урожайность проса и многолетних трав
на мелком солонце в зависимости от доз фосфогипса**

Вариант	Сбор сена с 1 га, т			Прибавка к контролю		
	про со	мн. травы, ср. за 6 лет	средний	т/га	%	т на 1 т
контроль – без мелиоранта	2,20	3,25	2,72	-	100	-
фосфогипс 10 т	3,28	3,96	3,62	0,90	33,1	0,09
фосфогипс 15 т	3,46	3,70	3,58	0,86	31,6	0,05
фосфогипс 20 т	3,32	3,76	3,54	0,82	30,1	0,04
фосфогипс 25 т	3,37	3,69	3,53	0,81	29,8	0,03
фосфогипс 30 т	3,57	3,59	3,58	0,86	31,6	0,03
фосфогипс 15 + навоз 60 т	3,86	3,58	3,72	1,00	36,8	0,07
целина – ест. растительность	0,07	1,88	0,98	-1,37	-42,2	-
НСР _{0,95} /т/га/	0,37	0,32	-			

В среднем за шесть лет пользования урожайность многолетних трав составила на контроле 3,25 т/га, на вариантах с разными дозами фосфогипса 3,59-3,96 т/га. Получили прибавку к контролю 0,33-0,71 т/га, или 10,2-21,8%. Наибольший эффект получили от внесения фосфогипса в дозе 10 т. Урожайность равна 3,96 т/га, прибавка 0,71 т/га, или 21,8%. Каждая тонна мелиоранта дала в среднем прибавку по 0,071 т сена в год.

Заключение. Применение фосфогипса на исследуемых солонцах обеспечило высокий мелиоративный эффект. Содержание водорастворимых солей в слое почвы 0-50 см на варианте фосфогипс 10 т в среднем составило 23,6 т/га, фосфогипс 15 т – 23,5 и фосфогипс 15 + навоз 60 т – 21,5 т/га (на контроле – 28,3 т/га). На варианте с более высокими (20-30 т) дозами содержание токсичных солей было выше контроля. В зависимости от дозы фосфогипса солонцеватость в слое почвы 10-30 см уменьшилось до 19,7-25,2% (на контроле – 38,9%); величина рН снизилась на 0,3-0,6 (на контроле – 8,9). Это сопровождалось улучшением водного, воздушного и питательного режима мелиорируемого солонца.

В богарных условиях при гидроморфном режиме увлажнения и слабой дренированности территории сложившийся солевой баланс и определил результативность мелиорации исследуемых солонцов. Урожайность многолетних трав в среднем за 6 лет пользования составила 3,58-3,96 т/га сена, что выше контроля на 0,33-0,71 т/га, или на 10,2-21,8%. Наибольший урожай получили на варианте фосфогипс 10 т – 3,96 т/га. Окупаемость 1 т мелиоранта прибавкой продукции составила 0,07 т сена в год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Константинов Н.Д. Рекомендации по производству кормов на солонцах: монография. М.: Колос, 1971. 300 с.
2. Пак К.П. Солонцы СССР и пути повышения их плодородия: монография. М.: Колос, 1975. 384 с.
3. Оборин А.И. О мелиорации и освоении солонцов в условиях неорошаемого земледелия черноземной зоны Западной Сибири // Вопросы мелиорации солонцов. М.-Л.: АН СССР, 1958. С. 239-278.
4. Хусаинов А.Т. Гидроморфные солонцы Западной Сибири в процессе мелиорации: монография. Тюмень-Кокшетау, 2012. 302 с.

Л.Н. КОРОБОВА, д-р биол. наук
Новосибирский ГАУ, Новосибирск

ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАТИВНЫХ СЕВООБОРОТОВ НА МИКРОФЛОРУ МЕЛКОГО И СРЕДНЕГО СОЛОНЦА БАРАБЫ

В Барабинской низменности основой сенокосов и пастбищ являются солонцы и комплексы почв с их участием [1]. В Чановском районе Новосибирской области, где выполнялись данные исследования, такие почвы занимают около 73% площади сельскохозяйственных угодий. По запасам питательных веществ они потенциально плодородны, поэтому в 80-е годы XX века началось массовое преобразование солонцовых сенокосов и пастбищ в высокопродуктивные угодья с помощью кормовых трав – фитомелиорантов.

В лесостепной зоне Барабинской низменности как фитомелиоранты хорошо зарекомендовали себя просо кормовое, суданка, овес, донник, люцерна, кострец безостый и др. [1]. На одно из первых мест при освоении солонцов ставится устойчивый к засолению донник желтый [2]. Его влияние на свойства солонцов проявляется в стабилизации рыхлого сложения, повышении биологической активности почвы и мобилизации элементов питания [3-5 и др.]. Положительное действие донника на биогенность почвы в условиях Барабы прослеживается под второй культурой после пара, а его последствие и на двух культурах после [6].

Кормовые севообороты с донником, кострцом и просом (среднеустойчивыми к засолению) были заложены специалистами Сибирского научно-исследовательского института кормов в Чановском районе НСО на среднем и мелком солонцах в 1987 и 1988 годах. Двадцатилетнее использование таких севооборотов в стационарном опыте изменило агрофизические, физико-химические, а также микробиологические характеристики солонцов. Считают, что последние особо высокочувствительны и позволяют проследить за изменением почвенных процессов на

их ранних стадиях [7]. Нами показано, что мелиоративные и постмелиоративные изменения в солонцах Барабы коснулись процессов микробиологического гумусонакопления и круговорота азота [8, 4]. С тех пор прошло еще 10 лет, за которые часть солонцового стационара была залужена кострцом и люцерной, поэтому вновь появился интерес к микробиологическим исследованиям фитомелиоративных эффектов.

Цель данной работы – выявить дальнейшие изменения в микрофлоре среднего и мелкого солонца в стационаре (произошедшие к 30 году использования кормовых севооборотов), а также изменения, связанные с залужением части участка смесью кострца с люцерной 10 лет назад.

Методика исследований. Исследования провели на стационаре СибНИИКормов в 2-х шестипольных севооборотах: 1) суданская трава (Новосибирская 84) + донник (сорт Альшеевский) – донник 2-го года жизни – овес (на зерносеяж) – суданка + донник – донник 2-го года жизни – овес и 2) просо – просо + кострец безостый и далее 4 года кострец безостый.

Почва – мелкий и средний черноземно-луговой гидроморфный солонец средненатриевый содово-сульфатного типа засоления тяжелого гранулометрического состава. Структура солонцового горизонта высокостолбчатая, мощность гумусового горизонта 14-18 см. Содержание гумуса в надсолонцевом горизонте в момент закладки опыта 6,0%. Глубина пахотного слоя: 25-35 см. Глубина вскипания карбонатов от HCl: 34 см. Глубина залегания грунтовых вод: 1-4 м [9].

На обеих почвах были изучены варианты: 1) целина; 2) донник 2-го года жизни в 5 поле севооборота или кострец безостый. Последствие фитомелиоративного влияния на солонец отслеживалось на участке залужения, где 10 лет назад посеяли люцерну сорта Омская 8893 и кострец безостый сорта СибНИИСХ-189.

Из свежееотобранной 5 августа 2016 г. почвы (слой 0-20 см) на питательных средах были выделены 7 групп микроорганизмов: бактерии, усваивающие органический и минеральный азот (иммобилизаторы), олигонитрофилы, автотрофные нитрификаторы первой и второй стадии нитрификации, денитрификаторы и азотфиксаторы [10].

Результаты исследований. На участках мелкого солонца с фитомелиоративными севооборотами выявились значительные (со степенью влияния по Снедекору 89-95%) различия с целиной в обсемененности бактериями, усваивающими минеральный азот, и автотрофными нитрификаторами (табл. 1, 2). Численность иммобилизаторов азота под севооборотами оказалась сниженной в 2,2-2,9 раз, а нитрозобактерий – участников окисления NH_4^+ до NO_2^- , – наоборот, повышенной. В севообороте с кострцом и просом их обилие превосходило целину в 4,3 раза, в севообороте с донником – в 33 раза. Поскольку одну из основных ролей в развитии нитрификации играют аэрация почвы и усиление газообмена [11], можно утверждать, что многолетнее возделывание фитомелиоративных севооборотов значительно улучшило структуру и физические свойства мелкого солонца.

Таблица 1

Влияние севооборота с донником на численность микроорганизмов мелкого солонца

Эколого-трофические группы микроорганизмов	Целина	Севооборот с донником	Последствие севооборота на залужении
Аммонификаторы, млн. КОЕ в 1 г абс. сух. почвы	7,2	7,9	2,5*
Бактерии, усваивающие минеральный азот, млн. КОЕ в 1 г абс. сух. почвы	498,8	226,3*	82,5*
Автотрофные нитрификаторы, тыс. в 1 г почвы	0,6	20,0*	3,8*
Денитрификаторы, млн. в 1 г почвы	3,0	11,0*	3,0
Азотфиксаторы, % об-растания комочков почвы через 4 дня инкубации	2,7	13,3	74,7*

* – различия с целиной достоверны на 5%-м уровне значимости

Лучше, чем в целине, в мелиорированном мелком солонце складывалась ситуация с микробиологической фиксацией азота свободноживущими микроорганизмами рода *Azotobacter*. Эти бактерии считаются хорошим индикатором окультуренной почвы [11]. По литературным данным, род особенно хорошо себя чувствует в ризосфере люцерны, а под донником выделяется примерно на 20% комочков почвы [12]. То же самое мы наблюдали в мелком солонце в севообороте с донником и, особенно, на залужении почвы травосмесью люцерны и костреца (табл. 1, 2).

Таблица 2

Влияние севооборота с просом и кострецом безостым на численность микроорганизмов мелкого солонца

Эколого-трофические группы микроорганизмов	Целина	Севооборот с просом и кострецом безостым	Последствие севооборота на залужении
Аммонификаторы, млн. КОЕ в 1 г абс. сух. почвы	7,2	6,1	6,3
Бактерии, усваивающие минеральный азот, млн. КОЕ в 1 г абс. сух. почвы	498,8	73,4*	226,6
Автотрофные нитрификаторы, тыс. в 1 г почвы	0,4	1,7*	69,3*
Денитрификаторы, млн. в 1 г почвы	20	30	20
Азотфиксаторы, % об-растания комочков почвы через 4 дня инкубации	65	88	97

* – Различия с целиной достоверны на 5%-м уровне значимости

В среднем солонце фитомелиоративный эффект многолетнего возделывания донника был более существенным, чем в мелком солонце. Он проявился в увеличении в 1,4 раза числен-

ности микробов – аммонификаторов (с $8,7 \pm 0,8$ млн КОЕ в 1 г абс. сухой почвы до $11,9 \pm 1,3$), в 10 раз нитрификаторов (с 0,4 тыс. в 1 г почвы до 4,0) и в снижении в 2 раза олиготрофности почвы (рис. 1), что свидетельствует о ее обогащении доступным для растений минеральным азотом.

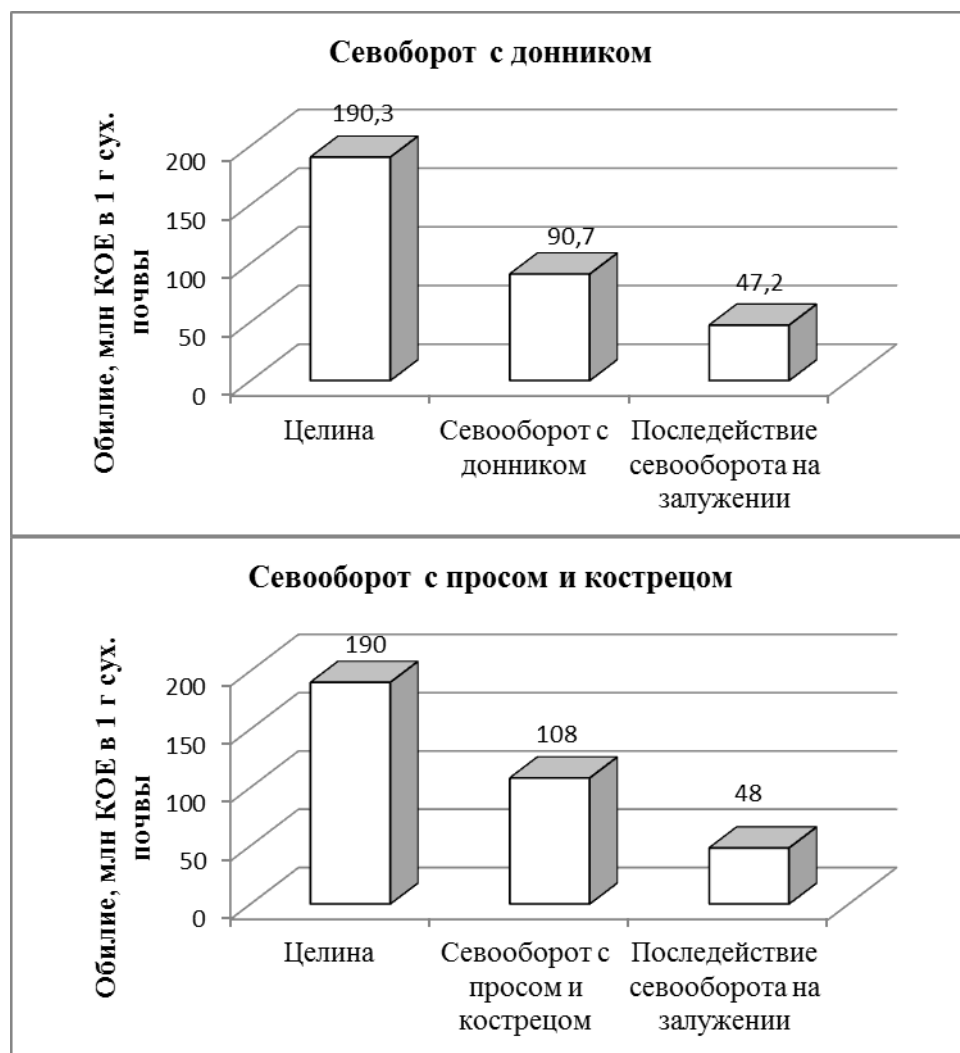


Рис. 1. Обилие олигонитрофильных микроорганизмов в фитомелиорированном и целинном среднем солонце

Под севооборотом с коострецом и просом автотрофных нитрификаторов в среднем солонце стало больше, чем в целине в 5,7 раз (2,3 тыс. в 1 г почвы против 0,4), а потери газообразного азота, судя по численности микробов – денитрификаторов (60 и 30 тыс. в 1 г почвы), снизились в 2 раза. В последствии на залужении обилие нитрифицирующих микроорганизмов увеличилось относительно целины в 11,7 раз, денитрификаторов уменьшилось в 2 раза.

Выводы.

1. Фитомелиорация мелкого солонца кормовыми травами привела к ряду изменений в его биологических свойствах: снижению в 2,2-2,9 раза по сравнению с целиной численности иммобилизующих азот микроорганизмов и усилению азотфиксирующей и нитрифицирующей активности почвы.

2. В среднем солонце сдвиги в процессах микробной трансформации азота были более существенными, чем в мелком солонце. После 29-летнего применения севооборота с донником и кормового севооборота с кострцом безостым и просом численность нитрификаторов в почве увеличилась в 5,7-10 раз и в 2 раза снизились потери газообразного азота из почвы и ее олиготрофность.

3. В последствии на залужении в мелком солонце произошло значительное возрастание обилия нитрификаторов и свободноживущих аэробных азотфиксаторов. В среднем солонце увеличилась обсемененность автотрофными нитрификаторами и снизилась олигонитрофилами, живущими в почве с недостатком азота.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Константинов М.Д. Агробиологический метод мелиорации солонцов Южного Урала и Западной Сибири. Новосибирск, 2000. 360 с.
2. Молоканов В. А. Агротехнические основы возделывания донника на солонцах Барабинской низменности: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 1975. 18 с.
3. Березин Л. В. Мелиорация и использование солонцов Сибири: монография. Омск: ОмГАУ, 2006. 206 с.
4. Ломова Т.Г., Коробова Л.Н. Фитомелиоративное окультуривание солонцов Барабы и его влияние на биологическую активность почвы // Сиб. вестник с.-х. науки. 2015. № 1. С. 12-18.
5. Влияние донника на солевой режим и органо-минеральный состав почвы рисового севооборота в условиях Приаралья / Ж.Ш. Жумадилова, Б. Мухамбетов, К.М. Абдиева [и др.] // Успехи современного естествознания. 2014. № 12-5. С. 546-549.
6. Каращук И.М., Ошаров И.И. Донник в Западной Сибири. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1981. 96 с.
7. Овдиенко Р.В., Казеев К.Ш. Микрофлора зональных почв Северного Кавказа // Экология и биология почв юга России. Вып. 2. Ростов н/Д: ЦВВР, 2003. С. 47-50.

8. Semendyaeva N. V., Korobova L. N., Elizarov N. V. Changes in the Properties and Biological Activity of Crusty Solonchaks in the Baraba Lowland under the Long-Term Impact of Gypsum // Eurasian Soil Science. 2014. № 11. P. 1116-1122.
9. Реестр длительных стационарных полевых опытов государственных научных учреждений Сибирского отделения Россельхозакадемии / сост.: Л.Ф. Ашарина, А.И. Ермохина, Т.А. Галактионова. Новосибирск, 2009. 285 с.
10. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 1983. 295 с.
11. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: МГУ, 2005. 445 с.
12. Krasilnikov N.A. Suelo microorganismos y plantas superiores. 2015. 750 p.

УДК 631.445.4

С.Л. ДОБРЯНСКАЯ, канд. биол. наук
Новосибирский ГАУ, Новосибирск

ТРАНСФОРМАЦИЯ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НОВОСИБИРСКОГО ПРИБЬЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Мелиорация – это определённый процесс улучшения состояния земель, который характеризуется комплексом мероприятий для улучшения основных режимов и свойств почвы, как результат повышения урожайности сельскохозяйственных культур, что весьма актуально при решении проблемы продовольственной безопасности в мире. Основные составляющие мелиорации – достаточная продолжительность во времени, масштабность подготовительных исследовательских работ и, соответственно, больших капиталовложений, возможность негативных последствий для агроландшафтов.

Орошение является одним из наиболее эффективных мелиоративных приемов, позволяющих оперативно устранять дефицит влаги и обеспечивать благоприятные условия для произрастания сельскохозяйственных культур. В то же время при интенсивном орошении уровень антропогенной нагрузки на почву многократно возрастает, что сопровождается изменением

свойств и режимов, в том числе и в неблагоприятную сторону. Качественные и количественные изменения обнаруживаются практически на всех уровнях структурной организации почвы – от ионного до профильного [1, 2, 3].

Потенциальное плодородие сибирских черноземов довольно высокое, но подвергаясь различной антропогенной нагрузке (орошению) их основные свойства претерпевают заметную трансформацию преимущественного деградационного характера. Актуальность проблемы обусловлена необходимостью систематического контроля за изменением свойств чернозема с целью своевременного выявления в них негативных последствий и предупреждения нежелательных процессов.

Цель исследований – дать оценку трансформации свойств чернозема выщелоченного Новосибирского Приобья при длительном орошении.

Исследования проводились на территории учхоза «Тулинское» Новосибирского ГАУ, расположенного в лесостепной зоне Западно-Сибирской провинции в Приобском центральном районе выщелоченных черноземов. Рельеф Приобского плато представляет собой приподнятую равнину, расчлененную логами, балками и оврагами. Расчлененность территории способствует развитию эрозии. Почвенный покров тесно связан с рельефом. Выровненные участки заняты преимущественно черноземами выщелоченными, на склонах встречаются их слабосмытые и эрозионно-опасные аналоги [4].

Объектом исследований является чернозем выщелоченный среднесплодный среднегумусный среднесуглинистый иловато-крупнопылеватый, сформированный на лёссовидном карбонатном суглинке. Для оценки изменения свойств чернозема выщелоченного были заложены почвенные разрезы, из которых отобраны образцы почвы на следующих вариантах:

1. Пашня – полевые севообороты с преобладанием зерновых, пропашных, кормовых культур.

2. Пашня – овощной севооборот. Орошение проводилось дождеванием речной водой (р. Тула), в зависимости от погодных условий и возделываемой культуры за вегетационный период проводили 3-4 полива по 300-400 м³ / га.

3. Целина – травостой, представлен разнотравно-злаковой ассоциацией.

В работе использовали профильный и сравнительно-аналитический методы.

Морфологические особенности изучаемых почв показали, что гумусовые профили черноземов отражают в своих особенностях не только историю их развития, но и специфику современного почвообразования. Изменения в степени гумусированности черноземов при различной антропогенной нагрузке легко обнаруживаются. У целинного чернозема хорошо развит гумусовый профиль (горизонт А – 48 см), снижение содержания гумуса по профилю постепенное. Окраска верхней части гумусового слоя черная, структура комковато-зернистая при почти полном отсутствии глыбистой и пылеватой фракций.

Распашка черноземов и длительное их сельскохозяйственное использование приводят к некоторым изменениям морфологических признаков. Наиболее сильному антропогенному воздействию подвергается верхняя часть почвы – пахотный горизонт. В полевом севообороте при длительном сельскохозяйственном использовании происходит незначительное уменьшение (на 3-5 см) мощности гумусово-аккумулятивного горизонта. Цвет верхнего слоя до глубины 30 см приобретает темно-серую окраску, что свидетельствует о снижении содержания гумуса. В пахотном и подпахотном горизонтах наблюдается огрублением структуры, увеличиваются глыбистость и пылеватость.

В орошаемом черноземе большая часть гумуса сосредоточена в верхнем 0-30 см слое. Само гумусовое прокрашивание прослеживается в ослабленной форме, окраска становится серой. Ухудшение структурного состояния сопровождается возрастанием глыбистой и пылеватой фракций. При увлажнении данные агрегаты разрушаются, при подсыхании почва сильно уплотняется, растрескивается, формируется почвенная корка. Важным диагностическим морфологическим показателем степени воздействия антропогенного фактора на черноземные пахотные почвы является глубина залегания карбонатов, которая в неорошаемом черноземе не претерпела существенных изменений. В орошаемом глубина вскипания понижается до 85 см,

так как в условиях орошения происходит вертикальная миграция карбонатов.

Отмеченные морфологические признаки подтверждаются аналитическими данными. Длительное сельскохозяйственное использование почв при дефиците поступления в почву органического вещества с растительными остатками и органическими удобрениями приводит к снижению содержания гумуса. В орошаемых почвах, в связи с качественно новой биоклиматической обстановкой, могут проявляться различные тенденции в трансформации их органической части. При экстенсивном использовании орошаемой пашни, что имеет место при бессменном возделывании сельскохозяйственных культур без применения удобрений, получает развитие дегумификация, наиболее активно протекающая в верхней части почвенного профиля, вследствие чего снижаются содержание и запасы.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что уменьшение содержания и запасов гумуса четко прослеживается в полуметровой толще. Содержание гумуса в пахотном слое неорошаемого чернозема уменьшилось с 8,98 до 7,62%, потери в 0-50 см слое составляют 16%. Потери гумуса прослеживаются по всему гумусовому профилю. С увеличением глубины разница в содержании гумуса постепенно снижается. Уменьшение запасов гумуса в полуметровой толще неорошаемой почвы составило 40 т/га, в сравнении с целинным аналогом потери увеличились до 95 т/га. Заметное уменьшение содержания гумуса неорошаемых черноземов можно объяснить снижением поступления растительных остатков и усилением минерализации при обработке. Наряду с этим обеднение почв агроценозов гумусом возникает потому, что они развиваются преимущественно под влиянием одновидовых культур, тогда как на целине вся биомасса возвращается в почву, что способствует накоплению гумуса (до 8% в верхнем горизонте) и относительно стабильному его динамическому равновесию.

Наиболее заметные изменения гумусового состояния наблюдаются в черноземе при длительном орошении, так как в этих условиях создается более благоприятный гидротермический режим, при котором активизируются биологические процессы, увеличивается скорость трансформации как свежего ор-

ганического вещества, так и гумуса почвы. Содержание гумуса в полуметровой толще уменьшилось на 24%. Практически все запасы гумуса сосредоточены в верхнем 0-40 см слое почвы. Уменьшение запасов гумуса в полуметровой толще относительно неорошаемого чернозема составило 112,57 т/га. В сравнении с целиной содержание гумуса в полуметровой толще сократилось на 38%, запасы – на 186,9 т/га, так как поступление корневых остатков в агроценозах овощных культур невелики, и при уборке корне- и клубнеплодов происходит ежегодное отчуждение почвенного мелкозема. Интенсивные поливы активизируют процессы обессоливания, выщелачивания и декальцирования почв, что ухудшает их кальциевый режим. При недостатке активного кальция в почвенном растворе возрастает подвижность гумусовых веществ, особенно новообразованных, и активизируется их миграция из верхних горизонтов в нижележащие, в результате чего нижние горизонты орошаемых почв обогащаются гумусом [3].

Уменьшение содержания гумуса не могло не оказать заметного влияния на физические свойства почвы [5]. Плотность твёрдой фазы пахотного слоя при длительном сельскохозяйственном использовании осталась практически неизменной и варьировала в пределах 2,50-2,65 г/см³, с глубиной возросла до 2,74 г/см³. Плотность пахотного горизонта не постоянна и зависит от способа, глубины и периодичности обработки. Наименьшей плотностью 1,09 г/см³ и лучшей пористостью 56% обладают богатые гумусом хорошо оструктуренные горизонты целинной почвы. В пахотных горизонтах плотность находится в оптимальных для растений количествах – 1,12-1,14 г/см³. Отмечается увеличение на 0,15-0,20 г/см³ плотности пахотного слоя орошаемого чернозёма, равновесная плотность которого увеличилась до 1,28 г/см³. Показатель пористости остаётся удовлетворительным независимо от антропогенной нагрузки и не опускается ниже 52%. Под воздействием длительного сельскохозяйственного использования в орошаемом черноземе наблюдается некоторое увеличение плотности верхних горизонтов, что можно объяснить огрублением структуры, снижением содержания гумуса и воздействием тяжелой сельскохозяйственной техники. В то же время плотность исследуемых черноземов

в гумусовых горизонтах остается оптимальной для роста и развития сельскохозяйственных культур (1,14-1,25 г/см³). По шкале оценки пористости почв Н.А. Качинского (1965), изучаемый чернозем выщелоченный характеризуется как почва с удовлетворительной общей пористостью (53%) [6]. Независимо от уровня антропогенной нагрузки показатель пористости снижается до 52% и остается удовлетворительным для пахотного слоя.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о негативных последствиях длительного земледельческого использования чернозема выщелоченного, приведших к значительному снижению содержания гумуса, ухудшению его качественного состава, деградации физических свойств. Поэтому необходим поиск оптимальных соотношений между сохранением плодородия черноземов и получением высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Принципы организации орошаемого земледелия на черноземах / В.А. Ковда, Б.Г. Розанов, Т.И. Евдокимова [и др.] // Почвоведение. 1986. №3. С. 22-30.
2. Розанов Б.Г. Орошаемые черноземы. М.: МГУ, 1989. 240 с.
3. Мамонтов В.Г. Орошаемые черноземы и каштановые почвы: состав, свойства, процессы трансформации: монография. М.: РГАУ-МСХА, 2013. 290 с.
4. Сиухина М.С. Пахотнопригодные почвы учхоза «Тулинское» // Физико-химические свойства почв и вопросы орошаемого земледелия в НСО. Сборник научных трудов. Т. 127. Новосибирск. 1980. С. 28-34.
5. Быкова С.Л. Агроэкологическая оценка структурного состояния чернозема выщелоченного // Научное и инновационное обеспечение АПК Сибири: Материалы Межрегиональной конференции молодых ученых и специалистов аграрных вузов Сибирского федерального округа. Барнаул: АГАУ, 2008. С. 212-213.
6. Качинский Н.А. Физика почвы. М.: Высшая школа, 1965. Ч. 1. 323 с.

Л.В. ЛЯЩЕВА, д-р с.-х. наук, профессор
*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет
Северного Зауралья, г. Тюмень*

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩЕЙ НА ОСУШАЕМЫХ ЛУГОВЫХ ПОЧВАХ В ЛЕСОСТЕПИ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Опыт использования осушенных земель в Тюменской области показывает, что осушение может стать эффективным и отвечать своему предназначению только тогда, когда оно проводится правильно и качественно, с учетом режимов и свойств почв, условий формирования и экологической роли заболоченного массива.

Поскольку в настоящее время масштабные осушительные мелиорации не проводятся, основное внимание необходимо уделять сохранению и повышению плодородия ранее осушенных земель. Большинство ранее осушенных угодий относятся к избыточно увлажненным минеральным землям. Эти земли входят в мелиоративный фонд и требуют специфических мероприятий по их вовлечению в интенсивное сельскохозяйственное использование. В Тюменской области за последние 30-40 лет многое сделано для разработки технологий выращивания овощей на осушаемых луговых почвах в лесостепной зоне. Почвенно-климатические условия на осушаемых луговых почвах в лесостепной зоне Северного Зауралья позволяют получать на них высокую урожайность овощей отличного качества. Однако в специфических условиях Северного Зауралья многие технологические приемы возделывания овощных культур имеют свои особенности.

Цель работы: разработка и научно-практическое обоснование экологически безопасной технологии выращивания столовой моркови на осушаемых луговых почвах в северной лесостепи Северного Зауралья, способствующей получению высоких урожаев хорошего качества. Для реализации этой цели были поставлены и решены следующие задачи:

- разработка способов подготовки семян моркови к посеву, помогающих ускорить прорастание, способствующих уничтожению возбудителей болезней на поверхности семян и улучшению качества продукции;

- анализ реакции и отзывчивости моркови на совместное применение доз минеральных удобрений и регуляторов роста;

- оценка преимущества гребневого метода выращивания моркови столовой в сравнении с традиционным (выращивание на ровной поверхности) на осушаемых луговых и серых лесных почвах Северного Зауралья.

Методика исследований. Все агротехнические опыты закладывали по общепринятым методикам [1, 2].

Опыты по изучению доз минеральных удобрений и регуляторов роста закладывались методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов. Общая площадь одной делянки составляла 30,5 м², учетная – 27 м². Повторность во всех опытах четырехкратная.

Посевные качества семян (энергию прорастания, лабораторную и полевую всхожесть) определяли согласно методике ГОСТа 12038-84. Активность каталазы – по Баху и Опарину, интенсивность дыхания – по Иванову и Коссович. Фитопатологический анализ проводили по методике Н.А. Наумовой.

Во время вегетации проводили фенологические наблюдения и биометрические учеты в соответствии с существующими в овощеводстве методиками [2]. Урожайность определяли по ГОСТу 26767-85. Оценку качества моркови проводили по ГОСТу 26766-85 «Морковь столовая свежая».

Биохимический состав моркови определяли в центре агрохимической службы «Тюменская», сахар – по Бертрану в модификации Вознесенского, общие сухие вещества – методом высушивания до постоянной массы [3], белковый азот – по Барнштейну, клетчатку – по методике Кюршнера и Гонака (в модификации Коган), каротин – по бензиновой вытяжке на ФЭК, витамины С, Р, Е и РР – по Мурри с использованием спектрофотометра, нитраты – ионометрическим экспресс-методом.

Исследования по хранению корнеплодов проводили в соответствии с методическими указаниями по проведению опытов по хранению овощей.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа [1] на электронно-вычислительных машинах с использованием компьютерных программ Statistica.

Результаты исследований и их обсуждение. Выращивание моркови на окультуренных осушенных луговых почвах в лесостепной зоне Северного Зауралья по интенсивной технологии требует качественных семян. В связи с неблагоприятными погодными условиями иногда необходимо переносить сроки посева, поэтому возникает проблема хранения намоченных и пророщенных семян. Намачивание и проращивание семян способствует получению более ранней продукции по сравнению с посевом сухими семенами. Перед посевом семена высушивали до состояния сыпучести, необходимой для посева. По нашим данным, применяя посев намоченными и высушенными семенами, можно значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Предпосевное намачивание и высушивание семян обуславливает значительное повышение вязкости протоплазмы и устойчивости растений к высоким температурам.

Регуляторы роста растений существенно ускоряют процессы и улучшают качество получаемой продукции [4, 5]. Намачивание и последующее высушивание семян положительно сказывается на питательных достоинствах корнеплодов моркови. От посева необработанными семенами содержание сухого вещества в корнеплодах моркови составило 12,30%, витамина С – 5,15 мг%, каротина – 7,15 мг%, сахара – 6,31%, нитратов – 255 мг/кг сырой массы. От высушивания наклюнувшихся семян эти показатели, соответственно, составили 13,42%, 5,69 мг%, 7,79 мг%, 180 мг/кг сырой массы. Проращивание и последующее высушивание семян снижает качество химического состава корнеплодов моркови.

Намачивание семян водой не дает значительного положительного эффекта. Намачивание семян моркови в растворах регуляторов роста повышает интенсивность дыхания, а это положительно сказывается на прорастании семян, росте, развитии растений, повышает урожайность в среднем на 9,6-9,9 т/га. В

наших исследованиях высушивание наклюнувшихся семян за 10 суток до посева повышает их посевные качества, что в дальнейшем ускоряет появление всходов и положительно сказывается на росте и развитии растений, повышает иммунитет, увеличивает урожайность в среднем на 14 т/га.

Таблица 1

Урожайность корнеплодов моркови в зависимости от обработок регуляторами роста

Вариант	Регуляторы роста							
	контроль		ивин		гибберсиб		щавелево-кислый аммоний	
	т/га	% к контролю (1)	т/га	% к контролю (2)	т/га	% к контролю (3)	т/га	% к контролю (4)
контроль	38,3	100	41,8	109	42,2	110	38,2	100
N ₃₀ P ₃₀ K ₄₀	41,6	109	48,6	117	43,7	105	43,6	105
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀	44,2	115	50,6	115	47,6	108	45,1	102
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	43,5	114	52,4	121	48,6	112	44,6	103
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	45,8	120	52,6	115	49,8	109	44,9	98
N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	45,3	118	53,1	117	49,9	110	45,2	100
НСР ₀₅	5,1		6,0		3,2		4,1	

Во всех случаях повышение дозы удобрений с применением регуляторов роста или без них способствует увеличению урожайности моркови. Однако эта прибавка достоверна только по отношению к контролю. Что касается разных доз удобрений, достоверные различия имеют место только между вариантом N₃₀P₃₀K₄₀ и другими дозами и то не во всех случаях.

Самое высокое количество витаминов было отмечено в варианте с дозой удобрений N₉₀P₉₀K₁₂₀. Содержание каротина в этом варианте было 15,8 мг%, витамина С – 3,7 мг%, витамина Р – 58 мг%, витамина Е – 1,21 мг% и витамина РР – 0,75мг%. Это больше, чем в контроле, на 1,8; 1,8; 24; 0,26 и 0,08 мг% соответственно. Далее с увеличением дозы минеральных удобрений содержание витаминов имеет тенденцию к снижению, при максимальной дозе удобрения N₁₂₀P₁₈₀K₂₄₀ приблизилось к контролю.

Во всем мире столовую морковь возделывают на трех поверхностях – ровной, гребневой и грядовой. А.А. Шайманов (2001) отмечает, что профилирование поверхности почвы – процесс энергоемкий, и эти затраты оправдываются только при получении высоких урожаев стандартной продукции. Он отмечает, что этого можно добиться при использовании высококачественных семян и соблюдении технологических режимов возделывания культур, а само производство столовой моркови на гребнях возможно в хозяйствах только с высокой культурой земледелия.

Как зависят урожайность моркови и качество корнеплодов в зависимости от технологии возделывания овощей на осушаемых луговых почвах в лесостепной зоне Северного Зауралья, показано в опытах, где сравнивали технологии между собой, приняв ширину захвата машин на гребневой поверхности, равной 4,2 метра, на операциях после нарезки гребней. Кроме разницы в технологии предпосевной обработки (выращивание на ровной и гребневой поверхности) еще применяли обработку регуляторами роста растений.

Урожайность корнеплодов моркови в варианте со стандартной технологией на ровной поверхности была ниже, чем в вариантах, где применялась гребневая технология. Так, в 2000 году она была ниже на 40,2 т/га, в 2001 году – на 53,1 т/га, а в 2002 году – на 63,5 т/га, в среднем за три года – на 53,1 т/га.

Регуляторы роста значительно повысили урожайность моркови. Это связано с биологическими особенностями культуры. Морковь в начальный период роста имеет слабые, нежные всходы, и толчок к более быстрому делению клеток повышает активность и ускоряет процессы, происходящие в клетках растения, а это в конечном итоге приводит к увеличению урожайности (табл. 2).

На гребнях растения находятся в более выгодной позиции, они лучше освещены, меньшее количество сорных растений, больше соблюдается густота растений. Поэтому на ровной поверхности увеличение урожайности по сравнению с вариантом без обработки было при обработке эмистимом 8,0 т/га, ростком – 12,5 т/га, а на гребневой при обработке эмистимом – 69,2 т/га, при обработке ростком – 72 т/га.

Таблица 2

**Действие гребневой технологии возделывания
столовой моркови совместно с регуляторами роста
на урожайность корнеплодов, сорт Самсон**

Технология предпосевной обработки	Элементы техноло- гии	Урожайность, т/га				± к кон- тролю
		2000	2001	2002	в сред- сред- нем	
ровная по- верхность	контроль	38,4	44,9	36,9	39,2	-
	эмистим	46,2	52,3	43,0	47,2	8,0
	росток	52,0	53,0	50,0	51,7	12,5
гребневая поверхность	контроль	78,6	98,0	100,4	92,3	53,1
	эмистим	89,7	112,1	123,5	108,4	69,2
	росток	87,3	120,4	126,0	111,2	72,0
НСР ₀₅ по фактору А		0,84	0,9	0,8		
НСР ₀₅ по фактору В		1,0	1,2	1,4		

Одним из определяющих показателей при выращивании моркови является товарность корнеплодов. В опыте товарность корнеплодов была выше с использованием гребневой технологии.

На гребневой поверхности выход стандартных корнеплодов за годы исследований колебался по вариантам от 62,2 до 96,2 т/га, в то время как на ровной поверхности – от 20,9 до 37,0 т/га (табл. 3).

Таблица 3

**Выход стандартных корнеплодов в зависимости от элемен-
тов технологии возделывания моркови, сорт Самсон**

Технология предпосевной обработки	Элементы техноло- гии	2000		2001		2002		Среднее	
		%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га
ровная по- верхность (стандартная)	контроль	54,8	21,0	59,3	26,6	56,7	20,9	56,9	22,8
	эмистим	63,0	29,1	62,7	32,8	60,0	28,3	61,9	30,1
	росток	71,2	37,0	69,0	34,5	67,1	33,6	69,1	35,0
НСР ₀₅			4,1		3,8		3,5		3,7
гребневая по- верхность	контроль	79,2	62,2	69,8	68,4	68,5	68,8	72,5	66,5
	эмистим	92,5	82,9	95,0	106,5	88,7	96,2	92,1	92,5
	росток	94,1	82,1	89,7	108,0	84,6	94,1	89,5	94,7
НСР ₀₅			9,2		11,3		10,5		12,0

Урожайность стандартной моркови на гребневой поверхности была значительно выше, чем на ровной поверхности. Выход стандартных корнеплодов практически не зависим от климатических условий, так как они были разными в годы исследований (2000 и 2002 годы были влажными, 2001 год – средний по увлажненности). Тенденция увеличения выхода более качественной продукции при возделывании корнеплодов по гребневой технологии сохранялась во все годы проведения опытов.

Таблица 4

**Содержание сахара и каротина в корнеплодах моркови
в зависимости от технологии возделывания
столовой моркови, сорт Самсон**

Технология предпосевной обработки	Элементы технологии	2000		2001		2002	
		сахар, %	каротин, мг	сахар, %	каротин, мг	сахар, %	каротин, мг/кг
ровная поверхность (стандартная)	контроль	5,0	9,7	5,2	9,9	4,9	7,9
	эмистим	7,5	11,9	8,1	12,0	7,6	10,6
	росток	6,9	12,1	9,1	11,8	6,9	11,3
гребневая поверхность	контроль	4,6	9,8	5,4	8,9	4,8	8,2
	эмистим	5,7	12,0	6,7	11,6	7,8	11,0
	росток	8,0	12,2	9,4	12,0	6,9	11,5

Важнейшим показателем, характеризующим пищевую ценность моркови, является содержание сахара и каротина в корнеплодах. Анализ содержания питательных веществ в корнеплодах моркови показал, что их количество при разных технологиях предпосевной обработки почвы практически одинаковое. Различие в биохимическом составе вносит влияние действия регуляторов роста.

В нашей зоне очень важно сохранить выращенную продукцию в течение долгой сибирской зимы, поэтому мы изучали влияние разных элементов технологии возделывания на сохранность корнеплодов столовой моркови, выращенной на осушаемых луговых почвах в лесостепной зоне Северного Зауралья. Установлена прямая зависимость между разными видами технологий и сохранностью столовой моркови.

При гребневом способе посева корнеплоды, выращенные на гребнях, оказывались менее поврежденными при уборке. Большее количество здоровых корнеплодов было в варианте, обработанном препаратом росток, это на 12,2% больше, чем в контроле и на 7,2% больше, чем в варианте, обработанном препаратом эмистим. Спустя 6 месяцев после хранения в контроле было больше больных и дряблых корнеплодов. Например, альтернариозом было поражено 4,2% корнеплодов, что на 0,3% больше, чем в варианте, обработанном эмистимом, и на 2,5% больше, чем при обработке препаратом росток.

Самая большая разница между контролем и вариантами, обработанными регуляторами роста, была при определении заболевания мокрая бактериальная гниль. Этой болезнью в варианте, обработанном препаратом эмистим, было поражено на 21,3% корнеплодов меньше, чем в контроле, а в варианте, обработанном препаратом росток, на 50% меньше по сравнению с контролем.

При применении гребневой технологии процент здоровых корнеплодов был намного выше, чем при выращивании моркови на ровной поверхности и по каждой из болезней в отдельности (табл. 5).

Таблица 5

Потери продукции моркови при хранении в зависимости от способа выращивания и от обработки растений регуляторами роста %, сорт Самсон, среднее 2000-2002 гг.

Виды повреждений	Через 6 месяцев после закладки					
	ровная поверхность (стандартная)			гребневая поверхность		
	кон-троль	эми-стим	ро-сток	кон-троль	эми-стим	ро-сток
здоровые корнеплоды	56,9	61,9	69,1	72,5	92,1	89,5
дряблые, подвяленные	12,7	11,5	10,6	8,9	0	0,6
мокрая бактериальная гниль	6,6	5,2	3,3	4,6	0,7	0,9
белая и серая гниль	13,9	12,2	10,2	7,5	3,6	3,8
альтернариозная черная гниль	4,2	3,9	1,7	2,7	1,5	1,7
сухая гниль (фомоз, фузариоз).	4,6	4,5	3,8	2,3	1,4	1,6
прочие болезни	2,7	0,8	1,3	1,5	0,7	1,9

В контрольном варианте при применении гребневой технологии процент здоровых корнеплодов был выше на 21,5%, чем при таких же условиях при стандартной технологии (ровная поверхность). Обработка препаратом эмистим уменьшила количество больных корнеплодов по сравнению с контролем на 32,8%, а препаратом росток – на 22,8%.

Выводы. 1. Намачивание семян в растворах регуляторов роста положительно сказывается на росте и развитии растений, что увеличивает урожайность на 25-29%, выход товарной продукции – на 11,6-12,4%, повышает содержание сухого вещества на 0,75-0,82%, каротина – на 0,64-0,85 мг%, снижает содержание нитратов на 67-85 мг/кг сырой массы. Обработка семян моркови перекисью водорода и растворами регуляторов роста повышает иммунитет растений, снижая их зараженность основными болезнями: белой гнилью – на 7,2%.

2. Наиболее эффективным препаратом, влияющим на величину урожая, оказался регулятор роста ивип, второй по эффективности – препарат гибберсиб. Результат его действия на растения моркови, их продуктивность был несколько ниже, чем у ивина, но различия в урожайности не доказываются статистически. Обработка растений этим препаратом на фоне естественного плодородия обеспечила прибавку такую же, как и внесение минеральных удобрений в дозе N₃₀ P₃₀ K₄₀.

3. Применение гребневой технологии значительно повысило урожайность корнеплодов до 62,2-82,1 т/га по сравнению с выращиванием на ровной поверхности – 21,0–37,0 т/га, доля стандартной продукции увеличилась на 25-30%. При хранении потери продукции, полученной на ровной поверхности, 31-40%, при выращивании на гребневой поверхности – 10-18 %.

Рекомендации производству. На осушаемых луговых почвах в лесостепной зоне Северного Зауралья при выращивании столовой моркови следует рекомендовать:

1. Для повышения урожайности, качества продукции и сохранности при длительном хранении проводить обработки регуляторами роста. Опрыскивание проводить в фазу начала образования корнеплода с расходом рабочей жидкости 300 л/га.

2. При подготовке семян столовой моркови нужно проводить высушивание наклюнувшихся семян за 10 дней до посева

для увеличения энергии прорастания, полевой всхожести и повышения урожайности.

3. Выращивать столовую морковь на осушаемых луговых почвах в лесостепной зоне Северного Зауралья необходимо с использованием гребневой технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 35 с.
2. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. В.Ф. Белика. М.: Агропромиздат, 1992. 319 с.
3. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арсимович, Н.Г. Ярош [и др.]. М.: Колос, 1972. 292 с.
4. Лящева Л.В. Эффективные приемы подготовки семян моркови к посеву // Картофель и овощи. 2007. № 3. С. 18.
5. Лящева Л.В., Семенов А.С., Лящев Е.А. Применение регуляторов роста при выращивании столовой моркови // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 2 (170). С. 31-35.

УДК 631.436

**М.П. САРТАКОВ, Н.В. ШПЫНОВА,
В.А. ЧУМАК, М.В. ЕФАНОВ**

*Югорский ГУ, Ханты-Мансийск
ООО «Югра-Биотехнология», Ханты-Мансийск*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ САПРОПЕЛЕЙ ОЗЁР СРЕДНЕГО И ВЕРХНЕГО ПРИОБЬЯ

Гумификация отмерших растительных, животных организмов и их метаболитов является глобальным природным процессом в планетарном масштабе. Гуминовые вещества входят в состав органического вещества почв, торфов, ископаемых углей, некоторых сланцев и сапропелей. Они образуются в результате сложных биохимических преобразований органиче-

ской массы и являются фактором его «консервации», предохраняя в известной мере от тотальной минерализации.

Озера юга Обь-Иртышского бассейна отличаются своеобразием химического состава озерных вод, обусловленным интенсивным накоплением солей, в особенности натрия, которые обеспечивают повышенную жесткость воды. В зоопланктоне по биомассе преобладают рачки *Cladocera* (ветвистоусые рачки) [1]. На территории Среднего Приобья эти процессы выражены слабее, значительно меньше содержится хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов кальция и магния, вода мягкая, в зоопланктоне преобладают рачки *Sopropoda* (веслоногие рачки). Водная растительность представлена такими же жесткими и мягкими растениями, но в составе значительно больше болотной растительности [2].

Химический состав гуминовых кислот характеризует специфику образования сапропелей регионов, отражая как особенности исходного органического материала, так и условия, в которых протекает процесс.

Несмотря на то что прикладное значение этих исследований в полной мере еще не используется геохимиками и агрохимиками, перспективность таких работ у большинства специалистов не вызывает сомнений.

Методы и объекты исследований. В Новосибирской области образцы отбирались на озерах Куйбышевского и Барабинского районов, а в Ханты-Мансийском округе – на территории Кондинского района. Отбор осуществлялся с наиболее биологически активных поверхностных слоев донных отложений (0-20 см) пробоотборником в трехкратной повторности по диагонали озера.

Извлечение гуминовых кислот проводили по ранее описанной методике [3]. Определение углерода, водорода, азота и зольность определяли на элементном анализаторе фирмы EuroVectormod. EA3000 в НИОХ СО РАН (Новосибирск). Содержание кислорода рассчитывали по разности.

Результаты и обсуждение. Результаты проведенного элементного анализа позволяют характеризовать некоторые особенности гуминовых веществ различных сапропелей и дают некоторые сведения о принципах их строения (табл. 1).

Таблица 1

Элементный состав гуминовых кислот западносибирских сапропелей

№ п/п	Названия озер	Элементный состав в %				Зола, %	Атомные отношения			C _{алиф.}	α, %	Элементный состав в атомных %				ω
		С	Н	N	О		Н/С	О/С	С/N			С	Н	N	О	
<i>Ханты-Мансийский АО</i>																
1	Медвежье	59,09	5,47	1,20	34,24	1,10	1,10	0,43	57	0,67	33	39	43	1	17	-0,23
2	Сатыгинский туман	49,45	5,16	2,93	42,46	13,93	1,24	0,64	20	0,73	27	34	42	2	22	+0,06
3	Среднесатыгин- ский туман	55,98	4,51	1,63	37,88	1,18	0,96	0,51	40	0,67	33	40	39	1	20	+0,03
4	Пякуто	58,83	4,58	2,40	34,19	3,24	0,93	0,44	29	0,64	36	42	39	1	18	-0,07
5	Щучье	58,51	4,29	3,15	34,05	0,00	0,87	0,44	22	0,63	37	42	37	2	19	+0,02
6	Турсунтский туман	56,55	5,09	4,21	34,15	2,24	1,07	0,45	16	0,67	33	39	41	2	17	-0,18
7	Когалымлор	58,32	5,06	2,08	34,54	2,11	1,03	0,44	33	0,66	34	40	41	1	18	-0,13
8	Бол. Щучье	54,82	5,00	3,39	36,79	11,76	1,09	0,50	19	0,68	32	38	41	2	19	-0,08
<i>Новосибирская область</i>																
9	Российское	55,00	4,96	4,90	35,14	3,29	1,07	0,48	13	0,68	32	38	41	3	18	-0,13
10	Сибирское	58,35	4,35	3,94	33,36	2,35	0,89	0,43	13	0,63	37	42	37	2	18	-0,02
11	Заречное	54,91	5,13	4,47	35,49	0,91	1,11	0,49	14	0,69	31	37	42	3	18	-0,16
12	Бол. Кайлы	59,51	4,16	5,22	31,11	1,77	0,83	0,39	13	0,61	39	44	36	3	17	-0,05
13	Песчаное	55,11	5,52	4,36	35,01	1,78	1,19	0,48	15	0,70	30	37	44	3	17	-0,27

Примечание: α – степень бензоидности, ω – степень окисленности.

Низкие значения зольности, не характерные для сапропелей, получены благодаря тому, что на последнем этапе выделения гуминовых кислот проведена их обработка галогеноводородными кислотами HCl и HF на водяной бане, которая способствует получению низкозольных препаратов.

Видно, что ГК сапропелей Новосибирской области содержат значительно больше азота. Затруднено оценивание содержания кислорода в ГК различных сапропелей, так как в соответствии с применяемой практикой он определялся в элементном анализе по разности, и по существу определяли сумму O+S.

Для большей информативности результатов удобнее использовать не процентное выражение состава гуминовых кислот, установленное в анализе, а атомные отношения элементов, составляя простейшие формулы и применяя принципы графостатического анализа.

Атомные отношения H/C, O/C, N/C, как известно, показывают количество атомов водорода, кислорода и азота, приходящееся в молекуле (частице) гумусовых веществ на один атом углерода. Чем меньше эти отношения, тем большую роль играют атомы углерода в построении молекулярной структуры [4]. Повышение атомных отношений указывает на возрастание доли алифатических фрагментов и снижение доли ароматики в молекулах гуминовых веществ. По соотношению в каждой из указанных пар судили об относительной разветвленности боковых цепей, роли азотсодержащих соединений в образовании гумусовых веществ.

Для сравнения органического вещества автохтонного и аллохтонного происхождения рассчитывают отношения не N/C, а C/N (табл. 1) [5]. Выявлено, что для ГК сапропелей Новосибирской области преобладают автохтонные процессы, где C/N изменяется от 13 до 15, в отличие от ГК озер Ханты-Мансийского ОА, для которых интервал этих отношений находится в очень широких пределах – от 16 до 57, что свидетельствует о преобладании аллохтонных процессов, возможно, обусловленных влиянием нефтедобывающих производств. Состав гуминовых кислот в значительной степени обусловлен типом антропогенной нагрузки [6].

Для условной оценки ароматических и алифатических составляющих полезно использовать показатель «степень бензоидности» (α) [6].

$$\alpha = C_{\text{бенз.}} / (C_{\text{бенз.}} + C_{\text{алиф.}}), \text{ или } \alpha = C_{\text{бенз.}} / C_{\text{общ.}} \cdot 100\%, \text{ где}$$

$C_{\text{алиф.}}$ – содержание углерода алифатических фрагментов,
 $C_{\text{бенз.}}$ – содержание углерода бензоидных фрагментов в гумусовых кислотах, $C_{\text{общ.}} = C_{\text{алиф.}} + C_{\text{бенз.}}$.

При этом принималось, что Н:С ароматической части ($(\text{H:C})_{\text{аром.}}$) равна 0,33 и К – коэффициент учета кислородной функции равен 0,67 [7]. Степень бензоидности исследованных гуминовых кислот (α) изменяется от 27 до 39%.

$$\begin{aligned} (\text{H:C})_{\text{алиф.}} &= (\text{H:C})_{\text{гк}} + 2(\text{O:C})_{\text{гк}} \cdot K - (\text{H:C})_{\text{аром.}} \\ C_{\text{алиф.}} &= (\text{H:C})_{\text{алиф.}} / ((\text{H:C})_{\text{алиф.}} + (\text{H:C})_{\text{аром.}}) \end{aligned}$$

Следует отметить, что полезным критерием для выявления специфики гумификации в различных условиях является степень окисленности [7], характеризующая условия и характер осадконакопления. Согласно этим данным, ГК сапропелей имеют в основном восстановленную форму и отрицательную величину ω , за исключением двух образцов сапропелей ХМАО–Югры с окисленной формой и положительной величиной ω (табл. 1).

Для наглядной оценки состава гуминовых кислот можно вычислить простейшие формулы, которые хотя и являются условными из-за сложного фракционного состава анализируемых образцов, но все же полезны при изучении тенденции распределения отдельных атомов по функциональным группам (табл. 2) [8]. Простейшие формулы показывают только минимальное количество атомов, входящих в молекулу вещества. Вкладывать в них иной смысл или пытаться рассчитать молекулярную массу гумусовых веществ исходя из формулы было бы, конечно, неверно. Для этого необходимо независимое определение молекулярной массы.

Таблица 2

Атомные доли и эмпирические формулы ГК сапропелей

№ п/п	Озера	С	Н	N	O	Эмпирическая формула
<i>Ханты-Мансийский АО</i>						
1	Медвежье	4,92	5,42	0,09	2,14	$C_{164}H_{181}N_3O_{71}$
2	Сатыгинский туман	4,12	5,11	0,21	2,65	$C_{59}H_{73}N_3O_{38}$
3	Среднесатыгинский туман	4,66	4,47	0,12	2,37	$C_{116}H_{112}N_3O_{59}$
4	Пякуто	4,90	4,53	0,17	2,14	$C_{86}H_{80}N_3O_{38}$
5	Щучье	4,87	4,25	0,22	2,13	$C_{66}H_{58}N_3O_{29}$
6	Турсунтский туман	4,71	5,04	0,30	2,13	$C_{47}H_{50}N_3O_{21}$
7	Когалымлор	4,86	5,01	0,15	2,16	$C_{97}H_{100}N_3O_{43}$
8	Бол. Щучье	4,56	4,95	0,24	2,30	$C_{57}H_{62}N_3O_{29}$
<i>Новосибирская область</i>						
9	Российское	4,58	4,90	0,35	2,20	$C_{39}H_{42}N_3O_{19}$
10	Сибирское	4,86	4,31	0,28	2,09	$C_{52}H_{46}N_3O_{22}$
11	Заречное	4,57	5,08	0,32	2,22	$C_{43}H_{48}N_3O_{21}$
12	Бол. Кайлы	4,96	4,12	0,37	1,94	$C_{40}H_{33}N_3O_{16}$
13	Песчаное	4,59	5,47	0,31	2,19	$C_{44}H_{53}N_3O_{21}$

Важным показателем по Ван-Кревелену является атомное отношение Н/С, которое четко характеризует класс углеводородов. Для гуминовых кислот это отношение обычно ≈ 1.0 , что формально указывает на преобладание ароматических структур [8].

Оценка атомных отношений позволяет решить некоторые вопросы механизмов трансформации растительных остатков и отдельных групп гумусовых веществ. С этой целью удобно воспользоваться диаграммой атомных отношений Н/С-О/С (рис. 1, 2), на которой представлены результаты анализа элементного состава ГК изученных сапропелей. На обеих диаграммах преобладают ГК с атомными отношениями $H/C > 1$. К ним относятся три образца из пяти сапропелей Новосибирской области и четыре образца из семи Ханты-Мансийского АО. Точная интерпретация состава ГК методом графикостатистического анализа затруднена тем, что нет полных сведений о кислородных функциях в молекуле и числе углеродных атомов в расчете на одну молекулу [9].

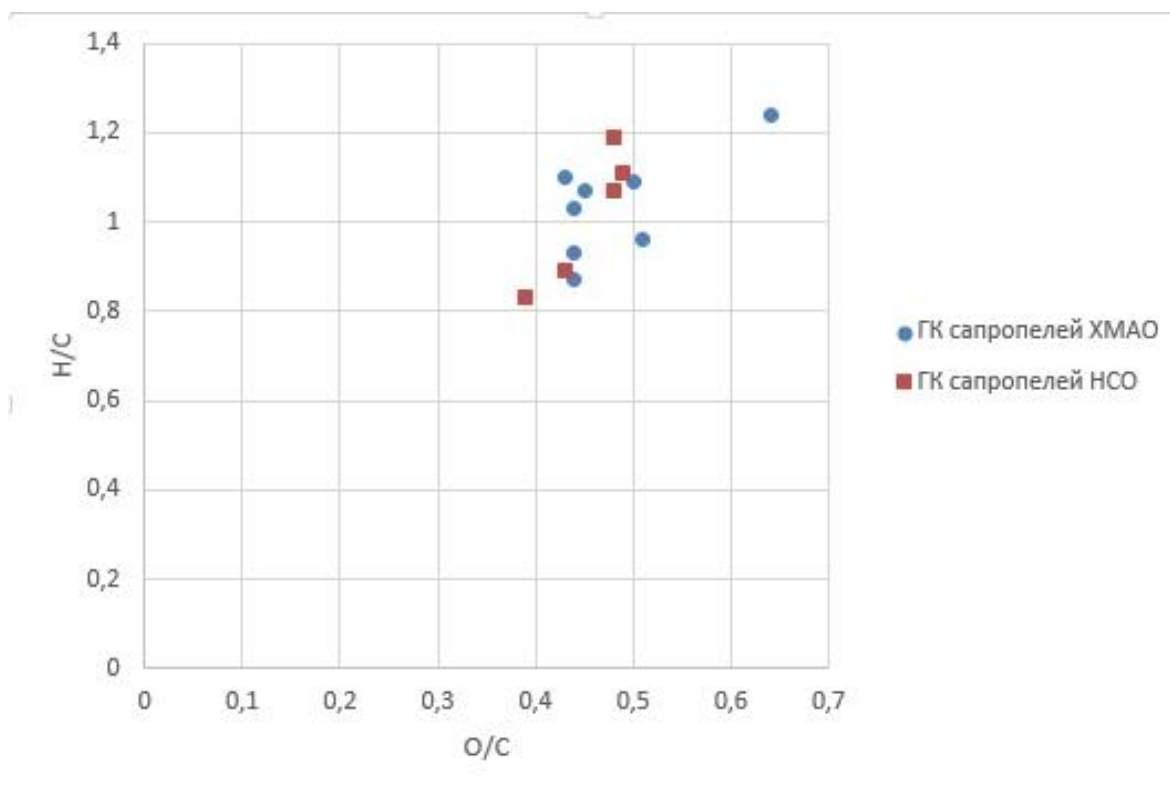


Рис. 1. Диаграмма атомных отношений ГК сапропелей ХМАО–Югры и НСО

Выводы. Элементный состав гуминовых кислот сапропелей Новосибирской области и Ханты-Мансийского АО соответствует условиям осадконакопления и зависит от типологии исходных озер, формирующихся в различных гидротермических условиях. Отношения Н/С для исследованных гуминовых кислот колеблются от 0,83 до 1,24. Наименьшую «зрелость» имеют гуминовые кислоты Среднего Приобья (0,87-1,24), а наибольшую – Верхнего (0,83-1,19), так же в гуминовых кислотах озер Новосибирской области содержится значительно больше азота (3,94-5,22%) по сравнению с северным регионом (1,20-4,21%), что свидетельствует о преобладании автохтонных процессов.

Работа выполнена при поддержке регионального проекта «Исследование физико-химических свойств гумусовых кислот сапропелевого сырья Ханты-Мансийского автономного округа–Югры» (договор № 18-44-860010) Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством ХМАО–Югры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морузи И.В., Пищенко Е.В., Осинцева Л.А. Зоопланктон малых озер Краснозерского района Новосибирской области // [Вестник Новосибир-](#)

[ского государственного аграрного университета](#). 2012. Т. 2. № 23-2. С. 42-45.

2. Лёзин В.А. Тюлькова Л.А. Озера Среднего Приобья. Комплексная характеристика. Тюмень, 1994. 108 с.
3. Комиссаров И.Д., Логинов Л.Ф. Гуминовые препараты // Научные труды Тюменского СХИ. 1971. Т. 14. 266 с.
4. Сартаков М.П. Элементный состав гуминовых кислот торфов Среднего Приобья // Аграрный вестник Урала. 2008. №2. С. 84-84.
5. Волкова С.С. Физико-химические особенности формирования состава органического вещества и карбонатной системы в малых озерах Западной Сибири: автореф. дис. канд. хим. наук. Тюмень: ТГУ, 2015. 19 с.
6. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Элементный состав гуминовых кислот почв урбанизированных территорий (на примере Ростова-на-Дону) // Почвоведение. 2013. №11. С. 1316.
7. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: МГУ, 1981. 272 с.
8. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: МГУ. 1990. 325 с.
9. Сартаков М.П., Тихова В.Д. Графостатический анализ и спектроскопия ЯМР¹³C молекул гуминовых кислот торфов Среднего Приобья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. №6. С. 76-80.

УДК 502.7: 627.871

В.Л. ТЕЛИЦЫН, д-р биол. наук, профессор,
Ю.А. НОВИКОВ, канд. техн. наук
ТИУ, Тюмень

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИРОДОСОВМЕСТИМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ОЗЁР И БОЛОТ АККУМУЛЯТИВНЫХ РАВНИН

Озера и первичные очаги заболачивания приурочены к понижениям в рельефе. Эти депрессии в рельефе имеют разнообразное происхождение: тектоническое, эрозионное, термокарстовое, карстовое, суффозионное. Как частный случай может рассматриваться и антропогенный генезис депрессий-карьеров, которые намеренно или под влиянием сочетания естественных

природных процессов и техногенезиса превращаются изначально в водоемы. Говоря же о карстовых воронках, надо иметь в виду то обстоятельство, что озера в них возникают лишь в том случае, если энергия кольматации каналов выщелачивания карбонатных горных пород илистым материалом с окружающего водосбора значительно превосходит энергию карстообразования. В этом случае сначала закупориваются илом трещины карстообразующей породы, а затем в ложе депрессии формируется водоупорный глинистый горизонт, что способствует формированию озер (лагун) за счет вод атмосферных осадков и стекающих потоков с окружающего водосбора. В северных территориях водоупором служат глубокие горизонты многолетнемерзлых горных пород.

Проточные озера, особенно крупные, могут длительное время сохранять свои изначально полезные свойства как истоков рек, источников пресной воды, рыбного и другого вида промыслов, зон рекреации и т.д. Примером этому может служить озеро Байкал. Но мощное антропогенное воздействие с уменьшением поступления вод с водосбора, увеличением испарения, возрастанием поступления взвешенных минеральных частиц, содержащих адсорбированную органику и различные химические вещества искусственного происхождения, а также растворенную органику и комплексные элементо-органические (хелатные) взвеси, могут существенно изменить в худшую сторону ход естественно-исторического процесса. Это и наблюдается в настоящее время. Поэтому озерам и болотам, откуда берутся истоки рек, необходимо уделять особенно пристальное внимание. Ведь вода уже более ценный ресурс, чем нефть.

Все же небольшие замкнутые (непроточные) водоемы со временем превращаются в болота. Этому способствует как принос взвешенных илистых (преимущественно) частиц с водосбора, так и поступление извне биогенных веществ. Источником их могут быть сельскохозяйственные земли, где применяются минеральные и органические удобрения, а почва подвергается механической обработке. При этом начинается процесс эвтрофикации озер. Сначала на глинистое водоупорное ложе обычно откладывается сапропель, состоящий преимущественно из отмерших остатков низших животных и растительных организмов. Они обычно откладываются в наиболее глубоководной

части озер. Сапропели отличаются высокой дисперсностью минеральных частиц и органического вещества. Отложения, обедненные органическим веществом (с зольностью более 85%), относятся к глинистым, или опесчаненным илам [4]. Одновременно с этим процессом сапропелеобразования в краевых мелководных частях озер активно развивается высшая водная растительность: осоки, тростники, камыши, рогозы и т.д. Отмершие остатки частично минерализуются и гумифицируются, теряются при газообразовании и растворении. Растворяясь, продукты разложения придают водам болот желтоватую и затем коричневато-бурую окраску (за счет фульвокислот и гуминовых кислот). До 10-20% массы остатков консервируется. Идет постоянный процесс торфонакопления с зарастанием (эвтрофикацией) озер с дальнейшей трансформацией в болота. Среднегодовой прирост биомассы при сапропелеобразовании в озерах, например Белоруссии, оценивался в 10-20 м³ на 1 га площади озера [3].

Но в условиях современности с активными факторами техногенеза и агрогенеза в окружающей среде приобретает огромную роль отложение автохтонной органики. Ее образованию способствуют биогенные вещества, преимущественно поступающие с сельскохозяйственных угодий. Имеются сведения, что до 14% фосфора и 75% азота в водоемы идет транзитом от сельхозпроизводителя [8]. Не менее серьезную, а может быть, более значимую проблему в этом плане представляет седиментация осадков, поступающих с распаханых полей. Скорость их отложения составляет в среднем 0,5-3,0 мм/год, достигая иногда 1 м/год [9]. Требуются серьезные противоэрозионные, агротехнические и иные меры нейтрализации и ликвидации отрицательных тенденций эволюционного процесса в техносфере. В природных условиях фактором, сдерживающим эрозию и дефляцию почв и грунтов, является растительность. Следовательно, надо учиться у природы и создавать в приболотном и приозерном поясе лесные пояса, а по их внешнему контуру – сенокосные луга и пастбища. И только за ними располагать пашню.

Если в гумидных и семигумидных условиях «пусковым механизмом» образования озер, болот и заболоченных земель является климат, то в семиаридных областях (лесостепи и луговые степи) на передовые роли выходит геолого-

географический фактор. Он определяет перераспределение дефицитной влаги от водосборов к депрессиям. При этом тонкие, илистые, взвешенные в текущей воде частицы постепенно накапливаются не только в ложе понижений, но также в приболотном и приозерном поясе. Этим обстоятельствам обязано формирование в этих зонах тяжелосуглинистых и глинистых разновидностей почв: от луговых и лугово-болотных до солонцов и слитых почв. Слитые почвы встречались нам в Волго-Ахтубинской пойме, а также в приболотном поясе Сьенага де Сапата (*suelos plastogenicos*). В последнем случае на этих почвах размещаются рисовые чеки. Вода же в них подается из лагун, возникших на месте карстовых воронок, подвергшихся процессом кольматации.

В семиаридном климате наблюдается перераспределение и накопление легкорастворимых солей в приболотном и приозерном поясах. В вегетационный период минеральные почвы здесь раньше освобождаются от снега, во-первых. Во-вторых, они более гумусированы и от этого имеют темную окраску.

Вследствие этого идет более быстрое их нагревание от солнца, что способствует ускоренному физическому испарению с поверхности почв и в результате транспирации растений.

Верхние горизонты почв иссушаются, и туда начинает поступать влага с растворенными солями из нижних слоев. Возникает снижение концентрации влаги. Ее градиент становится направленным в сторону обводненных частей болотной или озерной системы. Движение же влаги всегда направлено в противоположном направлении градиенту концентрации. Это отметила еще Н.И. Базалевич, исследуя болота в Барабинской низменности. Она назвала процесс накопления солей в почвах приболотного пояса при испарении влаги «эффектом фитиля», как в керосиновой лампе. Исследуя гидрохимические характеристики испаряющейся влаги, Ю.А. Антошенко [1] установил, что концентрация ингредиентов в ней оставляет 14 мг/л. В водах болот и озер концентрация солей составляет сотни, тысячи и десятки тысяч мг/л. Это количество солей, которое не уходит из профиля почв с испарившейся влагой и остается в ней. В период выпадения дождей и при снеготаянии частично соли вымываются в более глубокие горизонты, но идет постепенное увеличение солесодержания в естественных условиях. Необхо-

димы мелиоративные мероприятия по снижению солесодержания в почвах приболотного и приозерного пояса, что достигается промывками на фоне закрытого дренажа с последующим отводом растворов коллекторами за пределы массива.

О том, в каких отраслях используется органическое вещество, отложившееся в озерных и болотных котлованах, мы уже отмечали ранее [7]. Ранее существовало ошибочное мнение, что торфяные почвы в лесостепи и степи засолены [5]. Оно возникло от того, что проводя химический анализ органогенных почв традиционным методом водной вытяжки, не учитывалось то обстоятельство, что в единице объема (плотности) у них сухого вещества на порядок меньше, чем в минеральных почвах. В среднем показатель плотности торфяных низинных почв составляет 0,10-0,15 г/см³, тогда как в минеральных – 1,2-1,6 г/см³. Расчеты же ведутся на сухое вещество. Это нами было ранее доказано [5]. Наши ранние выводы подтверждают и результаты гидрохимических анализов дренажных вод, стекающих с минеральных почв приболотного пояса и из торфяных почв. Концентрация ингредиентов в дренажных водах торфяных почв на порядок ниже, чем в водах, стекающих с минеральных почв приболотного пояса [6].

Следовательно, торфяники здесь можно применять в хозяйственных целях. После полного использования органики в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, фармацевтике и опреснении почв приболотного пояса в результате промывок и дренажа нужно очистить ложе депрессии. Этими действиями будет возвращено пониженное изначальное свойство пресноводного озера. Его воды можно будет брать для питьевых, хозяйственно-бытовых нужд. Можно также вводить в рыбохозяйственный оборот.

Выводы.

1. В результате эвтрофикации (заиливания, зарастания и консервации органики – сапропеля и торфа) озера со временем, несомненно, трансформируются в болота.

2. Комплекс сложных биогеохимических процессов во взаимодействии болот и озер с окружающими геосистемами в семиаридных и аридных условиях равнин приводит к формированию тяжелых по гранулометрическому составу и засоленных минеральных почв.

3. Особенно это ярко проявляется, если почвообразующими и подстилающими породами служат морские осадки, что, например, присуще Прикаспийской низменности и югу Западно-Сибирской равнины, в которой в негеновый период существовало обширное изеро-море.

4. Торфяники болот не являются засоленными и могут быть использованы для разнообразных хозяйственных целей.

5. Сейчас в условиях мощнейших антропогенных воздействий на окружающую среду очень актуальна проблема разработки и воплощения в реальность природоподобных технологий. Но этот путь тернист не менее, чем в космонавтике, ядерной физике и молекулярной биологии – базисе генной инженерии. Важна конвенция наук.

6. Поэтому на первых этапах нужно внедрение природо-совместимых технологий в природопользование и природообустройство. Таким примером может служить осушение части болот южной лесостепи и степи с опреснением приболотного пояса, использование торфа и сапропеля в хозяйственных целях. Затем осуществляется рекультивация ложа депрессии, изоляция ее дамбами от окружающих водоприемников (рек, каналов) и возвращение изначального статуса пресноводных озер. Для районов с большим дефицитом водных ресурсов это имеет очень существенное значение. Всегда надо мыслить стратегически, а не быть в плену сиюминутных проблем тактического плана.

7. В целях исключения заиливания и эвтрофикации озер (равно как и заиливания болот) необходимо облесение приозерного и приболотного поясов, а по их внешнему контуру важно образовать пояс лугов и пастбищ. И только за этими защитными поясами располагать пашню.

8. На современном уровне понимания (и тем более воплощения в реальность) перспективы в будущем направлений деятельности не следует исключать из теории и практики опыта природо-совместимых технологий – прообраза природоподобных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антошенков Ю.А. О влиянии увлажненности ландшафтов на формирование химизма озерных вод // Гидрохимия Урала. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. №6. С. 89-92.
2. Базилевич Н.И. Геохимия почв садового засоления. М.: Наука, 1965. 352 с.

3. Лиштван И.И., Лопотко М.З. Использование сапропелей в народном хозяйстве // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. Минск: Наука и техника, 1976. С. 5-13.
4. Пидопличко А.П., Якушко О.Ф. Происхождение, условия накопления и ресурсы сапропелей Белоруссии // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. Минск: Наука и техника, 1976. С. 22-26.
5. Телицын В.Л., Кольцов А.Х. Оценка возможности осушения и освоения почв низинных болот лесостепи Зауралья // Сибирский вестник с.-х. науки. 1986. № 2. С. 39-44.
6. Экспериментальная осушительная система «Широглазово» // Мелиоративно-болотные стационары России / сост. Б.С. Маслов, В.К. Константинов, В.Л. Телицын [и др.]. Финляндия: Научный центр Вантаа-Metla, 2006. С. 230-235.
7. Телицын В.Л., Новиков Ю.А., Тестешев А.М. Болота, их экологическое и хозяйственное значение // Сборник научных работ ТюмГАСУ. 2014. Т. 2. С. 146-150.
8. Агрохимия в окружающей среде / пер. с нем. // Э. Хайниш, Х. Паукке, Г.Д. Нагель [и др]. М.: Колос, 1979. 357 с.
9. Хендерсон-Саллерс Б., Маркленд Х.Р. Умирующие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрафирования /пер. с англ. Л.: Гидрометеопиздат, 1990. 279 с.

УДК: 631.6(075.8)

Ю.В. СИВКОВ, канд. биол. наук
ТИУ, Тюмень

ПРИМЕНЕНИЕ ТОРФОМЕЛИОРАНТА ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

На территории Западной Сибири наряду с освоением предприятиями нефтегазового комплекса и воздействию сопутствующих предприятий транспорта и строительства продолжают развиваться традиционные виды деятельности коренного населения. В связи с этим выделяются две группы нарушений ландшафтных комплексов [1].

1) нарушения, связанные с традиционными экстенсивными формами ведения хозяйства (оленоводство, охотничий и рыболовный промысел, собирательство), имеющими длительную историю;

2) нарушения, связанные с интенсивными формами ведения хозяйства (нефтегазодобыча, геологоразведка, промышленность, транспорт, строительство), присущие периоду современного освоения природных ресурсов.

Таким образом, при существующем технологическом уровне развития две ветви ведения хозяйства достаточно часто вступают в противоречие, поскольку добыча углеводородов оказывает определенное влияние на окружающую среду. Положение усугубляется и тем, что экосистемы высоких широт особенно чувствительны к внешним воздействиям. И интенсивная добыча нефти без строгого экологического и этнологического контроля может повлечь ухудшение состояния обстановки в целом.

В процессе разработки, эксплуатации нефтегазовых месторождений растения и почвы не только подвергаются значительным механическим нагрузкам, но и загрязняются нефтью, нефтепродуктами и различными химическими веществами, а также высокоминерализованными пластовыми и сточными водами [2]. Кроме этого, негативное влияние на состояние почвенно-растительного покрова оказывают многочисленные отходы предприятий топливно-энергетического комплекса, свалки металлолома и твердых бытовых отходов.

Нефтяное загрязнение почв наносит большой вред окружающей среде, и восстановление плодородия нефтезагрязненных земель относится к важному природоохранному мероприятию.

Исследования проводились на двух объектах: Боровое и Решетниково.

Объект Боровое расположен в западной части северной лесостепи. В этой зоне не встречаются крупные торфяники (площадью свыше $5 \cdot 10^7$ м²). Размещены торфяные почвы на пониженных равнинах в междуречьях Туры-Ишима-Исети. Растениями-торфообразователями данных болот являются осоки, гипновые мхи и тростник.

Тюменской областной агрохимической лабораторией был заложен разрез и произведено описание почвенного профиля.

– горизонт 0-0,3 м представлен слаборазложившимся светло-бурым сухим торфом;

– горизонт 0,3-0,6 м представлен уплотненным серым песком с множеством ржавых пятен;

– горизонт ниже 0,6 м представлен серым песком.

Опытно-экспериментальная мелиоративная система Решетниково расположена в Тюменской области в центральной части Тарманского болотного массива, занимающего площадь $125,8 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ на второй надпойменной озерно-аллювиальной террасе реки Туры. Общая площадь системы – $2,78 \cdot 10^6 \text{ м}^2$.

На объекте Решетниково растениями-торфообразователями были осоки, тростник, гипнум и др.

По данным Тюменской комплексной геологоразведочной экспедиции, подстилающими породами являются мелкозернистые пески и песчаные глины четвертичных отложений (липовская свита), имеющие мощность 16 м. Ниже четвертичных осадков залегают породы палеогена (туртасская и куртамышская свиты). Литологически осадки свит представлены мелкозернистыми песками и глинами общей мощностью 25 м. Ниже располагаются глины регионального водоупора (тавдинская свита), мощность которого в пределах Тарманского болота 60-130 м.

Исследования проводилось по следующим методикам:

– плотность сложения и плотность твердой фазы определяли в четырехкратной повторении по Н.А. Качинскому;

– влагоемкость определяли экспериментальным методом;

– порозность определяли расчетным путем;

– рН определяли потенциометрическим способом;

– гидrolитическую кислотность и сумму поглощенных оснований определяли методом Каппена-Гильковица;

– фосфор – на фотокалориметре;

– калий и азот – на пламенном фотометре;

– медь и цинк – по методике Г.Я. Ринькиса.

Согласно Агроклиматическому справочнику по Тюменской области (1960) [3], климат района исследования теплый, хорошо и умеренно увлажненный. Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10°C составляет $1800\text{-}1850^\circ\text{C}$, а среднегодовое количество осадков – 380-400 мм. Гидротермический коэффициент равен 1,3-1,4, годовой радиационный баланс – 1195 МДж/м^2 , радиационный индекс сухости – 1,3. Безмороз-

ный период равен 112-120 дням. Ночные заморозки прекращаются 20-25 мая. Устойчивый снежный покров образуется 7-11 ноября, достигая максимума 0,3-0,35 м в конце марта. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом достигает 155-165 дней.

Результаты исследования на объекте Боровое и Решетниково показали, что плотность сложения торфа и плотность твердой фазы равны 0,222 и 1,670 г/см³ соответственно, наименьшая влагоемкость – 52,9 мм, а порозность аэрации – 33,3%.

Значения физико-химических свойств торфа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства торфа

Показатель	Значение
pH _{сол.}	5,90
Гидролитическая кислотность, мг-экв. на 100 г почвы	28,10
Сумма поглощенных оснований, мг-экв. на 100 г почвы	86,70
Нитратный азот, мг/100 г почвы	3,80
Подвижный фосфор, мг/100 г почвы	2,20
Обменный калий, мг/100 г почвы	12,00
Медь Cu, мг/кг	0,03
Цинк Zn, мг/кг	0,59

Из таблицы видно, что торф характеризуется слабокислой реакцией среды – 5,9 pH, что характерно для торфяных почв России, относительно высокой гидролитической кислотностью (28,10 мг-экв. на 100 г почвы), высокой суммой поглощенных оснований (86,70 мг-экв. на 100 г почвы). Содержание макро- и микроэлементов в торфе относительно невысокое.

Низкое содержание подвижных форм питательных веществ в торфе обусловлено слабыми процессами минерализации органического вещества торфа.

Свойства торфа можно улучшить за счет добавления в него минерального грунта, песка или глины, в результате чего он будет служить благоприятной основой для выращивания многолетних зеленых растений.

Таким образом, торф в смеси с минеральным грунтом будет являться эффективным материалом для создания плодородного слоя при рекультивации нефтезагрязненных почв.

Рассматривая свойства создаваемого торфомелиоранта, можно отметить, что добавление в торф минерального грунта, в нашем случае процентное соотношение торфа и песка (глины) составляло 70 к 30, способствовало значительному улучшению его качественных характеристик [4]. Минеральный грунт активизирует микробиологические процессы в торфе, увеличивает его плотность и оптимизирует водно-физические свойства.

В торфе преобладают слабобилизирующиеся соединения азота, фосфора и калия, что обуславливает бедность его питательными веществами [5]. Добавление минерального грунта оптимизирует водный, тепловой и питательный режим, и наилучшим образом реализуются потенциальные возможности торфомелиоранта.

При добавлении минерального грунта содержание питательных веществ и микроэлементов увеличивается (в два и более раза), это происходит в основном за счет содержания их во вносимом грунте, а также за счет усиления интенсивности процессов минерализации органического вещества торфа.

Водно-физические свойства торфа с добавлением глины и песка представлены в таблице 2.

Таблица 2

Водно-физические свойства торфа и торфяных составов

Показатель	Торф	Торфяно-глинистая смесь	Торфяно-песчаная смесь
Плотность сложения, г/см ³	0,222	0,333	0,477
Плотность твердой фазы, г/см ³	1,670	1,770	2,120
Наименьшая влагоемкость, мм	52,9	65,3	57,9
Порозность аэрации, %	33,3	24,1	18,3

Из таблицы видно, что плотность сложения у торфяно-глинистого и торфяно-песчаного состава в 1,5 и 2,0 раза выше,

чем у торфа, а плотность твердой фазы – на 5 и 26 % соответственно. По наименьшей влагоемкости оптимальное значение отмечается у торфяно-глинистого состава – 65,3 мм.

В таблице 3 представлены физико-химические свойства торфяно-глинистого и торфяно-песчаного составов.

Таблица 3

Физико-химические свойства торфяных составов

Показатель	Торфяно-глинистая смесь	Торфяно-песчаная смесь
pH _{сол.}	6,0	6,7
Гидролитическая кислотность, мг-экв. на 100 г почвы	3,26	0,30
Сумма поглощенных оснований, мг-экв. на 100 г почвы	46,0	45,0
Нитратный азот, мг/100 г почвы	-	15,84
Подвижный фосфор, мг/100 г почвы	56,1	29,00
Обменный калий, мг/100 г почвы	15,4	13,00
Медь Cu, мг/кг	16,25	0,12
Цинк Zn, мг/кг	0,55	1,08

Из таблицы 3 видно, что при добавлении минерального грунта содержание питательных веществ и микроэлементов увеличивается (в два и более раза). Это связано и с тем, что во вносимом грунте содержится значительное их количество. Минеральный грунт, добавленный в торф, который характеризуется высоким содержанием органических веществ, активизирует микробиологические процессы, более активно идет минерализация, питательные элементы быстрее высвобождаются из органических соединений.

На торфянистых почвах (при pH=3,5-5,0) необходимо внесение раскислителей (доломитовая мука, известь, гипс, марте-новские шлаки) не менее 1 т на 10000 м². Для рассматриваемого нами торфа и торфосмесей, которые могут применяться для создания плодородного слоя на нарушенных участках, нет необходимости внесения раскислителя.

Для улучшения питательного режима и физико-химических свойств формируемого плодородного слоя почвы

рекультивируемого участка необходимо добавление минеральных удобрений, которые оказывают положительное действие на рост и развитии многолетних трав [6].

По мере снижения содержания в сформированном почвенном покрове питательных веществ и микроэлементов (более чем в 5 раз) рекомендуется вносить дополнительное количество соответствующих удобрений (например, суперфосфат, сульфат аммония и калий хлористый) не менее 30-40 кг/га.

Нефтяное загрязнение почв наносит большой вред окружающей среде, и восстановление плодородия нефтезагрязненных земель относится к важному природоохранному мероприятию.

Применение торфа как мелиоранта с добавлением в него песка или глины для землевания рекультивируемых нефтезагрязненных почв создает благоприятную основу для выращивания зеленых растений, формированию устойчивых биогеоценозов [4]. На рекультивируемом участке складывается оптимальный водный, тепловой и питательный режим, улучшаются физико-химические и водно-физические свойства. Также для поддержания благоприятного питательного режима на рекультивируемом участке почвы необходимо внесение умеренных доз минеральных удобрений, так как многолетние травы предъявляют к нему повышенные требования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подавалов Ю.А. Экология нефтегазового производства. М.: Инфра-Инженерия, 2010. 416 с.
2. Чижов Б.Е. Рекультивация нефтезагрязненных земель Ханты-Мансийского автономного округа (практические рекомендации). Тюмень: ТюмГУ, 2000. 52 с.
3. Агроклиматический справочник по Тюменской области (южная часть). Л.: Гидрометеиздат, 1960. 164 с.
4. Сивков Ю.В. Свойства торфяно-песчаной смеси, используемой для землевания рекультивируемых нефтезагрязненных почв // Естественные и технические науки. №10(88). М.: Спутник+, 2015. С. 243-244.
5. Моторин А.С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири. Новосибирск: ГРПО СО РАСХН, 1999. 284 с.
6. Парфенов В.Г., Сивков Ю.В. Рекультивация нефтезагрязненных земель. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 118 с.



*Открытие VIII Прянишниковских чтений
академиком РАН Г.П. Гамзиковым*



*Приветствие зам. губернатора Тюменской области
В.Н. Чейметова*



*Модератор научного форума
ректор ГАУ Северного Зауралья Е.Г. Бойко*



Сибирские агрохимики



*С докладом выступает
член-корреспондент РАН Р.Ф. Байбеков*



Мелиораторы обсуждают проблемы отрасли



В Агрофирме «КРиММ» посадки картофеля отменные. Ген. директор Г.А. Рязанов и ректор ГАУ Северного Зауралья Е.Г. Бойко



Научная экскурсия на просторах Тюменской земли



*О проблемах АПК Зауралья и Сибири
говорит ректор НГАУ А.С. Денисов*



*Ветеран сибирской аграрной науки
профессор И.Д. Комиссаров*



*На опытном поле
Агротехнологического института*



Встреча с Тобольской стариной

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ОЦЕНКА
ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**VIII Сибирские Прянишниковские
агрохимические чтения**

*Материалы
научно-производственной конференции
с международным участием
(Тюмень, 16-20 июля 2018 г.)*

Подписано в печать 19.12. 2018.
Формат 60x84 1/16. Объём 26,95 п. л.
Тираж ...
Отпечатано...