

Министерство сельского хозяйства и торговли Красноярского края  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»  
ФГБУ ГЦАС «Красноярский»  
ФГБУ САС «Солянская»  
ФГБУ ГСАС «Минусинская»

ПУТИ СОХРАНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ  
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Рекомендации

Красноярск  
2020

УДК 63:5+65.305.12  
ББК 40+338.45:622  
А263

**В подготовке рекомендаций принимали участие:** Алхименко Е.В.,  
Белюсова Е.Н., Вебер О.Н., Ивченко В.К., Кураченко Н.Л., Лозневая Е.В.,  
Сорокина О.А., Ульянова О.А.

*Под общей редакцией Васильева И.А. – заместителя министра  
сельского хозяйства и торговли Красноярского края*

А263 **Пути сохранения и повышения плодородия почв Красноярского края:**  
науч.-практ. рекомендации. – Красноярск, 2020. – 48 с.

Научно-практические рекомендации предназначены для специалистов агропромышленного комплекса, научных работников, преподавателей, студентов образовательных учреждений сельскохозяйственного направления.

В рекомендациях представлены направления государственного регулирования сохранения и повышения плодородия почв Российской Федерации и Красноярского края. Приведен анализ состояния плодородия почв Красноярского края, рассмотрены потребности в элементах питания сельскохозяйственных культур. Изложены особенности применения минеральных и органических удобрений в технологиях сберегающего земледелия. Представлен опыт дифференцированного внесения удобрений на территории Красноярского края.

УДК 63:5+65.305.12  
ББК 40+338.45:622

© Авторский коллектив, 2020  
© Министерство сельского хозяйства и торговли Красноярского края, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Направления государственного регулирования сохранения и повышения плодородия почв</b> . . . . .	4
<b>2. Состояние плодородия почв Красноярского края</b> . . . . .	9
2.1. Баланс питательных веществ . . . . .	19
2.2. Потребность в элементах питания сельскохозяйственных культур . . . . .	21
<b>3. Пути сохранения и повышения органического вещества почв</b> . . . . .	28
<b>4. Особенности применения минеральных удобрений в технологиях сберегающего земледелия</b> . . . . .	30
<b>5. Известкование, фосфоритование и гипсование почв Красноярского края</b> . . . . .	41
<b>6. Опыт внедрения дифференцированного внесения удобрений в Красноярском крае</b> . . . . .	42
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> . . . . .	45
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b> . . . . .	46

# 1. НАПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОХРАНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Интенсификация производства, направленная на повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции с одновременными задачами по сохранению и повышению плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, требует проведения комплекса мероприятий по стабилизации и восстановлению земель сельскохозяйственного назначения.

Законодательное регулирование обеспечения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения регулируется Федеральными законами «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (далее – закон о плодородии земель), «О мелиорации земель», Водным кодексом РФ, Земельным кодексом Российской Федерации, Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях, Законом Красноярского края «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения в Красноярском крае». Тем не менее острота проблем в области сохранения и воспроизводства плодородия почв земель, используемых для ведения сельского хозяйства, сохраняется.

**Основными проблемами, препятствующими эффективному обеспечению плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в условиях берегающих технологий, являются:**

отсутствие единого информационного ресурса о состоянии плодородия земель сельскохозяйственного назначения, их границах, количественных и качественных характеристиках, фактическом использовании;

отсутствие в законе о плодородии земель обязанностей правообладателей земельных участков по проведению обязательных мероприятий по воспроизводству плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения;

использование земельных участков сельскохозяйственного назначения не по целевому назначению с последующим ухудшением их фитосанитарного состояния, в том числе зарастанием сорной, древесной и кустарниковой растительностью.

В целях совершенствования законодательства в сфере обеспечения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Минсельхозом России разработан проект федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», направленный на установление правовых основ осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, устранение недостатков действующего законодательства в части своевременного выявления изменения состояния земель сельскохозяйственного назначения, оценки этих изменений, информационного обеспечения государственного земельного надзора в отношении земель сельскохозяйственного назначения, а также обеспечения правообладателей земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения, органов государственной власти и органов местного самоуправления информацией о состоянии земель.

Кроме того, указанным законопроектом предусмотрено введение положений, касающихся ведения **государственного информационного ресурса** –

**государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения**, который будет содержать свод актуальных и достоверных данных о состоянии земель сельскохозяйственного назначения, об их количественных и качественных характеристиках, их фактическом использовании, включая информацию о правообладателях земельных участков. Формирование государственного реестра осуществляется с использованием Единой федеральной государственной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства, в составе земель иных категорий (далее – ФГИС «ЕФИС ЗСН»). В настоящее время работа по внедрению ФГИС «ЕФИС ЗСН» проводится во всех субъектах Российской Федерации при техническом сопровождении Департамента цифрового развития и управления государственными информационными ресурсами АПК Минсельхоза России.

В целях профилактики нарушений требований земельного законодательства и своевременного выявления и пресечения нарушений в отношении земель сельскохозяйственного назначения Минсельхозом России принят приказ от 12.02.2020 № 61 «Об утверждении индикаторов риска нарушения обязательных требований, используемых как основание для проведения внеплановых проверок при осуществлении Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору и ее территориальными органами государственного земельного надзора».

Кроме того, Минсельхозом России в рамках подготовки проекта поправок в проект федерального закона № 681101-7 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования отношений в области охраны сельскохозяйственных угодий», внесенного в Правительство Российской Федерации, даны предложения по дополнению закона о плодородии почв положениями **об ответственности собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков по обязательному проведению агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных и противоэрозионных мероприятий по воспроизводству плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения.**

По информации Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору Российской Федерации, в 2018 году наибольшее количество установленных нарушений (более 11,5 тыс. на площади более 923,0 тыс. га) связано с невыполнением правообладателями земельных участков установленных требований и обязательных мероприятий по улучшению, защите земель и охране почв от ветровой, водной эрозии, предотвращению иных негативных воздействий, ухудшающих качественное состояние земель, в том числе более 9,6 тыс. нарушений связано с зарастанием сорной, древесной и кустарниковой растительностью на площади более 713,6 тыс. га [Рекомендации выездного заседания..., 2019]. Управлением Россельхознадзора по Красноярскому краю в 2018 году в рамках надзорных мероприятий выявлено 23 нарушения в части невыполнения установленных требований и обязательных мероприятий по сохранению и воспроизводству плодородия земель сельскохозяйственного назначения общей площадью 17,6 тыс. га [Государственный доклад..., 2018].

Реализация вышеуказанных норм позволит повысить ответственность собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков за сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, а также позволит обеспечить своевременное принятие управленческих мер, направленных на сохранение

и повышение плодородия почв, органами государственной власти и органами местного самоуправления.

**Целевое использование земельных ресурсов** приводит к сокращению земельно-ресурсного потенциала, особенно пахотных угодий. Длительное пребывание пашни в неиспользуемом состоянии требует высоких капиталовложений при вводе ее в сельскохозяйственный оборот или к непригодности для освоения в связи с формированием полноценного леса.

По данным органов управления агропромышленного комплекса субъектов Российской Федерации, по состоянию на 01.01.2020 неиспользуемая пашня составляла более 19 500 тыс. га, из них пригодными для введения в оборот являлось 9 505,48 тыс. га [Рекомендации круглого стола..., 2020]. На территории Красноярского края, по данным агрохимических служб, площадь неиспользуемой пашни по состоянию на 01.01.2020 составляла 1 068,6 тыс. га, в том числе пригодной для ввода в оборот – 409,9 тыс. га.

Выбытие земель сельскохозяйственного назначения происходит за счет ликвидации, банкротства сельскохозяйственных товаропроизводителей и перевода земель сельскохозяйственного назначения в другие категории на основании решений уполномоченных органов, в том числе по причине нерационального или ненадлежащего использования земель. Несвоевременное получение информации о выбытии земель связано с несовершенством процесса выявления неиспользуемых земель, отсутствия межведомственного взаимодействия по сбору сведений о неиспользуемых землях и консолидации полученных сведений в едином государственном информационном ресурсе. Наряду с совершенствованием правовых механизмов, регулирующих отношения, возникающие в процессе рационального использования земель сельскохозяйственного назначения, органами государственной власти принимаются **альтернативные меры экономического стимулирования, направленные на сохранение и повышение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и вовлечение их в сельскохозяйственный оборот.**

Так, в целях эффективного управления землями сельскохозяйственного назначения Минсельхозом России в настоящее время подготовлен проект государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ (далее – государственная программа). Государственная программа направлена на комплексное решение проблем в отношении земель сельскохозяйственного назначения и предусматривает проведение мелиоративных мероприятий для повышения плодородия почв и сохранения устойчивости агроландшафтов, а также создания единого фонда по управлению землями сельскохозяйственного назначения.

Также государственной программой Красноярского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» и Законом Красноярского края о государственной поддержке предусмотрен ряд мер, направленных на сохранение и повышение плодородия почв.

С 2017 года осуществляется возмещение сельскохозяйственным товаропроизводителям края части затрат на проведение культуртехнических мероприятий на собственных и (или) арендованных земельных участках из земель сельскохозяйственного назначения. По данному направлению за период 2017–2019 годов предоставлено 36,1 млн рублей. Общая площадь введенной в оборот неиспользуемой пашни составила 4,04 тыс. га. На период 2020–2022 годов предусмотрено 34,4 млн рублей.

Также сохранению и повышению почвенного плодородия способствует оказание несвязанной поддержки сельскохозяйственным товаропроизводителям в области растениеводства. Направление реализуется с 2013 года и позволяет компенсировать часть затрат на 1 гектар посевной площади, в том числе на приобретение и внесение удобрений, фосфоритование и (или) гипсование почв, стимулируя тем самым повышение плодородия почв, урожайности сельскохозяйственных культур. Ежегодно на указанный вид поддержки выделяется из федерального и регионального бюджета не менее 570,0 млн рублей на площадь субсидируемой пашни в размере не менее 1 181,13 тыс. га.

С 2020 года на условиях софинансирования с федеральным бюджетом реализуется новое направление государственной поддержки на стимулирование увеличения валового производства зерновых и зернобобовых культур, масличных (за исключением рапса и сои) культур при условии внесения удобрений в объеме на 1 гектар посевной площади, установленном уполномоченной организацией, осуществляющей деятельность в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Финансовое обеспечение данного направления составляет 165,1 млн рублей на площадь субсидируемой удобренной пашни не менее 334,23 тыс. га.

По оперативной информации отделов сельского хозяйства администраций муниципальных образований края, по состоянию на 01.08.2020 сельскохозяйственные товаропроизводители внесли 49,04 тыс. тонн действующего вещества минеральных удобрений, или 33,2 кг д.в. на 1 га посевной площади, что на 13,2 тыс. тонн больше, чем на соответствующую дату 2019 года. Из общего количества – 35,38 тыс. тонн азотных удобрений, 11,43 тыс. тонн – фосфорных и 2,23 тыс. тонн – калийных.

Наибольший объем минеральных удобрений внесен в Ужурском, Назаровском, Шарьповском, Новоселовском и Балахтинском муниципальных образованиях края в количестве 31,11 тыс. тонн, или 63,4 %. При этом следует отметить, что из 36 муниципальных образований края, занимающихся производством растениеводческой продукции, 33 приобрели и внесли минеральные удобрения, в том числе в муниципальных образованиях Козульского, Пировского и Енисейского районов в объеме 0,03 тыс. тонн, или 0,1 %.

Как отмечалось выше, на значительных территориях Российской Федерации важным фактором, сдерживающим эффективное развитие сельскохозяйственного производства, являются процессы деградации почвенного покрова (водная, ветровая эрозии, переувлажнение, заболачивание почв), которые приводят к утрате плодородия почв сельскохозяйственных угодий и выводу продуктивных земель из сельскохозяйственного оборота. По информации Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии, в России подвержено водной эрозии 17,8 % площадей сельскохозяйственных угодий, ветровой эрозии – 8,4 %, засолению – 20,1 %, переувлажнению и заболачиванию – 12,3 % [Хлыстун, 2019]. По экспертным оценкам, ежегодно теряется до 1,5 млрд тонн плодородного слоя [Рекомендации круглого стола..., 2020]. В Красноярском крае эрозии подвержено 1 249,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из них ветровой эрозии – 663,9 тыс. га (53,1 %), водной – 397,2 тыс. га (31,8 %), комплексной – 188,4 тыс. га (15,1 %).

Для нивелирования последствий эрозийных процессов учеными разработаны и внедрены технологии почвосберегающего земледелия, в частности **ресурсосберегающие технологии и технологии координатного (точного) земледелия.**

В настоящее время в Красноярском крае широко применяются ресурсосберегающие технологии обработки почвы, которые внедрены на 2/3 площади ярового сева, что составляет 800–900 тыс. га ежегодно.

По итогам 2019 года отдельные элементы системы координатного (точного) земледелия применяются в 87 хозяйствах края, что составляет 9,2 % от общего количества сельскохозяйственных товаропроизводителей, занимающихся производством растениеводческой продукции, в том числе:

параллельное вождение применяется 69 хозяйствами (Trimble, John Deere, Агронавигатор плюс, Raven, Outback, Avmap, Agroglobal);

дифференцированное опрыскивание – 34 хозяйствами (опрыскиватель John Deere, Amazone, Барс, ТУМАН, Ростсельмаш);

спутниковый мониторинг транспортных средств – 32 хозяйствами (платформа ГЛОНАСС, АвтоГРАФ);

дифференцированное внесение удобрений – 4 хозяйствами (распределитель Amazone, ТУМАН, Sulky);

составление цифровых карт урожайности – 2 хозяйствами.

За рубежом технологии координатного (точного) земледелия используются достаточно активно. Высокий уровень внедрения отмечается в Канаде (60–80 % и более), США (30–50 %), при этом в крупных хозяйствах использование технологий в 2 раза выше, чем в малых. По оценке Агрофизического НИИ Санкт-Петербурга, в странах Евросоюза их применяет около 80 % фермеров, в США – 60 % фермеров. Заметных успехов добились производители Бразилии, Дании, Японии, Аргентины.

В России площадь пашни, обрабатываемой с использованием оборудования, оснащенного системами точного земледелия, ежегодно увеличивается более чем на 3,5 % [Максимова, 2017]. По данным Минсельхоза России, элементы точного земледелия применяются в 1 591 хозяйстве страны на площади 7 521,0 тыс. га. Лидирующее положение занимают Липецкая, Орловская, Самарская, Курганская, Воронежская, Тюменская, Нижегородская области и Красноярский край. По востребованности элементов точного земледелия на первых местах: дифференцированное внесение удобрений и опрыскивание, составление цифровых карт, мониторинг состояния посевов и качества почв [Федоренко и др., 2018].

По оценке «J'son & Partners Consulting», суммарный экономический эффект от перехода российских сельских хозяйств на технологии, базирующиеся на интернете вещей (далее – IoT) и цифровизации, составит более 4,8 трлн руб ежегодно, или 5,6 % ВВП России к уровню 2016 года, возможный прирост объема потребления информационных технологий за счет цифровизации только одной отрасли – сельского хозяйства – в России составит 22,0 %.

В настоящее время Министерством сельского хозяйства и торговли Красноярского края в целях обеспечения доступности приобретения сельскохозяйственными товаропроизводителями края элементов точного земледелия, в том числе систем дифференцированного внесения удобрений, проводится работа по созданию механизма государственной поддержки на возмещение части затрат на приобретение и внедрение элементов координатного (точного) земледелия.

Реализация вышеуказанной нормы позволит землепользователям, землевладельцам и арендаторам земельных участков сельскохозяйственного назначения осуществлять внесение удобрений с учётом агрохимических свойств почв каждого элементарного участка поля, потребности конкретной сельскохозяйственной культуры, планируемой урожайности. Оптимизация питания растений за счет дифференцированного внесения удобрений создаст условия для более равномерного развития и созревания растений, уменьшит потери питательных веществ, приведет к повышению качества и снижению себестоимости продукции.

## 2. СОСТОЯНИЕ ПЛОДРОДИЯ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Эффективное регулирование плодородия почв, достижение оптимальных показателей плодородия без достоверной информации о текущем состоянии плодородия почв не представляется возможным. Агрохимической службой Красноярского края с 1964 года осуществляется учёт показателей плодородия почв (макро- и микроэлементов) земель сельскохозяйственного назначения в рамках проведения комплексного (сплошного) агрохимического и эколого-токсикологического обследования почв земель сельскохозяйственного назначения по группировкам почв, представленным в приложении.

В соответствии с почвенными картами, находящимися в распоряжении станций и центров агрохимических служб края, в структуре почвенного покрова пашни Красноярского края (рис. 1) преобладают черноземы (63,81 %) и серые лесные почвы (25,16 %). Среди черноземных почв наибольшая площадь пашни занята чернозёмами выщелоченными (40,32 %), среди серых лесных – тёмно-серыми лесными (15,81 %)



Рис. 1 – Структура почвенного покрова пашни Красноярского края по состоянию на 01.01.2020

Одним из важнейших агрохимических показателей, определяющим уровень потенциального и эффективного плодородия почвы, является содержание **органического вещества – гумуса**.

Средневзвешенное содержание гумуса в почвах Красноярского края составляет 6,5 % – среднее (табл. 1). При этом на долю почв с низким содержанием гумуса (до 4,0 %) приходится 15,4 % пахотных массивов, со средним содержанием (4,1–8,0 %) – 56,5 % и высоким содержанием (более 8,1 %) – 28,1 % (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика почв по содержанию гумуса<sup>1</sup>

№ п/п	Наименование района	Единицы измерения	Обследованная пашня, тыс. га	Группировка почв, тыс. га						Средневзвешенное значение
				1	2	3	4	5	6	
				очень низкое	низкое	среднее	повышенное	высокое	очень высокое	%
1	Абанский	тыс. га	82,25	2,05	30,32	30,53	15,06	3,70	0,59	4,8
2	Ачинский	тыс. га	53,11		2,68	22,48	16,58	9,63	1,74	6,5
3	Балахтинский	тыс. га	120,35		0,51	2,51	18,03	67,08	32,22	9,1
4	Бирилосский	тыс. га	46,35		4,94	29,22	10,04	1,9	0,25	5,4
5	Боготольский	тыс. га	48,69		0,24	4,03	24,14	19,76	0,52	7,7
6	Большемуртинский	тыс. га	42,46		3,83	19,97	11,14	5,25	2,27	6,3
7	Большеулуйский	тыс. га	46,92	0,44	6,74	21,35	11,44	5,42	1,54	5,8
8	Дзержинский	тыс. га	78,74	4,85	38,03	29,13	5,73	0,48	0,52	4,1
9	Березовский	тыс. га	10,85	1,30	5,98	2,24	1,11	0,17	0,05	3,7
10	Емельяновский	тыс. га	70,67	0,06	12,22	21,00	18,94	12,01	6,44	6,5
11	Енисейский	тыс. га	29,12	0,30	12,94	12,83	2,03	0,63	0,39	4,4
12	Ермаковский	тыс. га	44,39	1,38	7,46	9,86	13,50	7,86	4,33	6,5
13	Идринский	тыс. га	55,43		0,12	3,85	22,48	19,68	9,30	8,2
14	Иланский	тыс. га	58,90	1,10	19,60	22,80	9,90	4,20	1,30	5,0
15	Ирбейский	тыс. га	89,78	0,04	9,70	21,05	32,86	20,66	5,47	6,9
16	Казачинский	тыс. га	46,59	0,95	13,17	25,47	5,09	1,76	0,15	4,7
17	Канский	тыс. га	162,83	0,61	34,81	62,40	46,00	15,69	3,32	5,6
18	Каратузский	тыс. га	30,37	0,56	2,68	6,67	12,85	3,33	4,28	7,0
19	Козульский	тыс. га	34,97	0,16	5,07	17,30	8,53	3,61	0,3	5,6
20	Красноуральский	тыс. га	100,22		7,19	35,24	38,15	16,11	3,53	6,6
21	Курагинский	тыс. га	80,62	0,58	9,71	17,72	21,74	23,95	6,92	7,0
22	Манский	тыс. га	40,27		2,26	10,23	14,85	10,96	1,97	7,0
23	Минусинский	тыс. га	89,24	2,71	30,03	38,88	15,88	1,60	0,14	4,0
24	Назаровский	тыс. га	201,45		2,75	14,49	80,63	88,06	15,52	8,0
25	Нижнеингашский	тыс. га	42,90	1,16	17,18	18,36	5,08	1,12		4,5
26	Новоселовский	тыс. га	101,24		5,94	23,91	41,94	23,52	5,93	7,0
27	Партизанский	тыс. га	61,70		3,20	19,60	22,60	13,60	2,70	6,8
28	Пировский	тыс. га	14,22		9,28	4,90		0,04		3,8
29	Рыбинский	тыс. га	115,97	0,50	18,93	34,10	35,25	21,70	5,49	6,3
30	Саянский	тыс. га	75,98	0,80	6,25	16,55	24,85	20,93	6,60	7,0
31	Сухобузимский	тыс. га	91,15	0,23	4,34	25,80	31,36	21,58	7,84	7,1
32	Тасеевский	тыс. га	48,64	3,00	22,58	14,10	5,25	3,26	0,45	4,5
33	Тюхтетский	тыс. га	32,66		7,06	18,16	6,22	1,11	0,11	5,2
34	Ужурский	тыс. га	203,35		0,72	17,54	94,29	74,77	16,03	7,9
35	Уярский	тыс. га	71,59	0,31	3,12	23,01	24,62	18,16	2,37	6,9
36	Шарыповский	тыс. га	114,96	0,03	2,69	8,48	46,56	46,89	10,31	8,0
37	Шушенский	тыс. га	43,23	8,26	16,26	11,40	5,68	1,31	0,32	4,0
	<b>Всего</b>	<b>тыс. га</b>	<b>2682,16</b>	<b>31,38</b>	<b>380,52</b>	<b>717,16</b>	<b>800,400</b>	<b>591,49</b>	<b>161,21</b>	<b>6,5</b>

<sup>1</sup> в соответствии с ГОСТ 26213–91 «Почвы. Методы определения органического вещества».

Наиболее низким потенциальным плодородием отличаются почвы Абанского, Бирилосского, Большеулуйского, Дзержинского, Березовского, Енисейского, Иланского, Казачинского, Канского, Козульского, Минусинского, Нижнеингашского, Тасеевского, Пировского, Тюхтетского и Шушенского муниципальных образований, где преобладают почвы с содержанием гумуса менее 6,0 %.

Высокогумусированными являются почвы Балахтинского, Идринского, Назаровского и Шарыповского муниципальных образований края, в которых более половины площади пашни характеризуются содержанием гумуса более 8,0 %.

Почвы с содержанием гумуса менее 6,0 % характеризуются низкой нитрификационной способностью и не способны накапливать достаточное количество нитратного азота для получения качественного урожая.

**Фосфор** один из основных макроэлементов питания растений, он играет важную роль в энергетическом обмене, участвует в процессах обмена веществ, роста и размножения. Достаточное обеспечение растений фосфором в период формирования репродуктивных органов – ускоряет их образование и созревание, повышает урожай и качество растениеводческой продукции, в частности, у зерновых культур возрастает доля зерна в общем урожае, улучшается его выполненность, в овощах, плодах, корнеплодах – увеличивается содержание сахаров, в клубнях картофеля – крахмала.

По содержанию подвижного фосфора 28,8 % почв Красноярского края характеризуются очень низким и низким содержанием, 55,2 % – средним и повышенным и 16,0 % – высоким и очень высоким. Среднее содержание составляет 148 мг/кг – повышенное (по Чирикову) и среднее (по Кирсанову). Наибольший недостаток фосфора отмечается в почвах Ирбейского, Козульского, Манского, Партизанского, Тюхтетского, Саянского муниципальных образований, где на долю почв с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора приходится более 50,0 % почв (табл. 2).

В почвенно-климатических условиях Красноярского края растения в начальные фазы своего развития испытывают фосфорное голодание по причине малоподвижности и, как следствие, низкой доступности подвижного фосфора в холодной (слабопрогретой) почве. Поэтому внесение фосфорсодержащих удобрений (аммофос, сульфаммофос) в рекомендованных и (или) стартовых дозах (10–20 кг д.в./га) на всей площади пашни является необходимым условием для получения качественных и устойчивых урожаев.

Важным элементом питания растений является **калий**. По его содержанию почвы Красноярского края более чем на 66,0 % площади отличаются высоким и очень высоким содержанием (табл. 3). В условиях хорошего калийного питания повышается устойчивость растений к заболеваниям и к неблагоприятным факторам внешней среды, увеличивается урожай и качество растениеводческой продукции.

Недостаток обменного калия отмечается в Бирилосском, Енисейском, Казачинском, Козульском, Манском, Тюхтетском муниципальных образованиях, где удельный вес площадей с низким и очень низким содержанием обменного калия составляет более 27,0 % почв. По результатам агрохимической характеристики 33,8 % обследованных почв края нуждаются во внесении повышенных и средних доз калийных удобрений.

**Нитратный азот** в почвах Сибири является главным источником азотного питания растений.

Почвенное обследование на содержание нитратного азота под урожай 2020 года на площади 670,4 тыс. га пашни, или 72,1 % от площади сева зерновых и зернобобовых культур, показало, что 391,6 тыс. га, или 58,4 %, характеризуются низким содержанием

нитратного азота (ниже 12 мг/кг) (табл. 4). Наиболее слабо обеспечена азотом южная группа муниципальных районов, где 87,8 % обследованных почв отличаются низким содержанием. Сезонная динамика нитратного азота очень вариабельна и зависит от типа почв, запасов гумуса и общего азота, возделываемой культуры, предшественника, влажности, температуры, уровня применения минеральных и органических удобрений. Азотное голодание усиливается после сильных дождей. Поэтому для объективной оценки обеспеченности растений азотом *необходимо ежегодное проведение почвенной диагностики на содержание нитратного азота.*

Таблица 2

**Характеристика почв по содержанию подвижного фосфора<sup>2</sup>**

№ п/п	Наименование района	Единицы измерения	Обследованная пашня, тыс. га	Группировка почв, тыс. га						Среднее значение мг/кг
				1 <i>очень низкое</i>	2 <i>низкое</i>	3 <i>среднее</i>	4 <i>повышенное</i>	5 <i>высокое</i>	6 <i>очень высокое</i>	
1	Абанский	тыс. га	82,25	2,01	11,11	19,64	27,57	14,34	7,58	215
2	Ачинский	тыс. га	53,11	0,85	9,59	22,30	11,72	6,37	2,28	97,8
3	Балахтинский	тыс. га	120,35		1,26	46,13	59,31	11,84	1,81	112
4	Бирилосский	тыс. га	46,35	0,93	10,12	23,06	8,10	3,51	0,63	130
5	Боготольский	тыс. га	48,69	0,01	5,97	32,03	9,46	0,88	0,35	96
6	Большемуртинский	тыс. га	42,46	2,16	9,95	17,70	9,65	2,97	0,03	176
7	Большешульковский	тыс. га	46,92	1,13	9,45	24,95	7,94	2,09	1,37	103
8	Дзержинский	тыс. га	78,74	3,12	7,97	17,74	24,42	16,39	9,10	220
9	Березовский	тыс. га	10,85	0,07	1,00	1,22	1,46	0,81	6,29	271
10	Емельяновский	тыс. га	70,67	13,58	21,97	20,11	9,44	3,64	1,93	158
11	Енисейский	тыс. га	29,12	0,95	5,68	7,37	6,15	4,11	4,86	162
12	Ермаковский	тыс. га	44,39	10,80	10,65	8,26	5,59	5,97	3,12	164
13	Идринский	тыс. га	55,43	7,58	9,96	27,30	8,67	1,59	0,33	161
14	Иланский	тыс. га	58,90	2,60	9,40	14,30	13,20	8,90	10,50	236
15	Ирбейский	тыс. га	89,78	56,45	22,28	8,60	0,92	1,18	0,35	97
16	Казачинский	тыс. га	46,59	0,28	8,90	15,17	6,76	4,25	11,23	167
17	Канский	тыс. га	162,83	17,68	25,47	37,89	41,26	24,86	15,67	200
18	Карагузский	тыс. га	30,37	2,46	3,32	12,73	7,74	3,12	1,00	191
19	Козульский	тыс. га	34,97	6,44	18,23	6,60	2,47	0,99	0,24	87
20	Красноярский	тыс. га	100,22	6,45	20,14	45,94	21,29	5,68	0,72	177
21	Курагинский	тыс. га	80,62	1,00	28,30	37,07	13,13	1,09	0,03	166
22	Манский	тыс. га	40,27	7,47	13,26	7,29	7,63	3,43	1,19	132
23	Минусинский	тыс. га	89,23	5,31	7,62	17,80	27,05	19,48	11,97	223
24	Назаровский	тыс. га	201,45	2,72	35,09	80,05	40,42	27,01	16,16	103
25	Нижнеингашский	тыс. га	42,89	0,06	3,00	13,88	17,80	6,30	1,85	216
26	Новоселовский	тыс. га	101,24	0,43	5,12	27,45	36,99	17,36	13,89	120
27	Партизанский	тыс. га	61,70	33,30	20,40	5,80	1,20	0,60	0,40	107
28	Пировский	тыс. га	14,22	0,43	7,10	6,20	0,49			100
29	Рыбинский	тыс. га	115,97	10,82	35,48	33,62	20,78	10,31	4,96	175
30	Саянский	тыс. га	75,98	48,19	19,68	6,50	1,05	0,43	0,13	84
31	Суходубинский	тыс. га	91,15	3,42	16,21	34,83	27,43	7,54	1,72	191
32	Тасеевский	тыс. га	48,64	1,14	8,34	12,65	13,53	7,09	5,89	214
33	Тюхтетский	тыс. га	32,66	0,76	17,52	11,23	2,65	0,22	0,28	101
34	Ужурский	тыс. га	203,35	0,27	6,73	84,42	69,80	29,75	12,38	103
35	Уярский	тыс. га	71,60	17,88	28,54	18,46	4,81	1,04	0,87	135
36	Шарыповский	тыс. га	114,97	0,26	18,75	61,95	25,81	6,15	2,05	86
37	Шушенский	тыс. га	43,23	2,30	5,90	8,46	10,75	9,36	6,46	219
<b>Всего</b>			<b>2682,16</b>	<b>271,31</b>	<b>499,44</b>	<b>876,70</b>	<b>604,44</b>	<b>270,65</b>	<b>159,62</b>	<b>148</b>

<sup>2</sup> в соответствии с ГОСТ 26204-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО», с ГОСТ 26205-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО», с ГОСТ Р 54650-2011 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО».

Таблица 3

**Характеристика почв по содержанию обменного калия<sup>3</sup>**

№ п/п	Наименование района	Единицы измерения	Обследованная пашня, тыс. га	Группировка почв, тыс. га						Среднее значение мг/кг
				1 <i>очень низкое</i>	2 <i>низкое</i>	3 <i>среднее</i>	4 <i>повышенное</i>	5 <i>высокое</i>	6 <i>очень высокое</i>	
1	Абанский	тыс. га	82,26		0,08	1,95	4,94	28,35	46,93	182
2	Ачинский	тыс. га	53,12	0,26	3,76	9,55	6,68	11,81	21,06	137
3	Балахтинский	тыс. га	120,35		3,69	10,31	12,08	48,63	45,64	140
4	Бирилосский	тыс. га	46,35		17,98	23,75	4,1	0,49	0,03	111
5	Боготольский	тыс. га	48,69		0,09	3,37	11,58	22,22	11,43	155
6	Большемуртинский	тыс. га	42,46			0,19	1,22	12,27	28,78	174
7	Большешульковский	тыс. га	46,92	0,82	7,23	13,53	11,01	11,48	2,85	125
8	Дзержинский	тыс. га	78,74		0,15	1,12	7,11	38,59	31,77	155
9	Березовский	тыс. га	10,85	0,02	0,04	1,43	2,20	3,72	3,44	131
10	Емельяновский	тыс. га	70,66	0,18	2,43	6,89	10,35	21,34	29,47	148
11	Енисейский	тыс. га	29,12	3,01	17,33	7,77	0,90	0,04	0,07	87
12	Ермаковский	тыс. га	44,39	1,70	3,29	14,03	16,06	8,37	0,94	78
13	Идринский	тыс. га	55,43			5,55	14,41	27,94	7,53	118
14	Иланский	тыс. га	58,90	0,10	3,90	8,70	7,10	17,70	21,40	149
15	Ирбейский	тыс. га	89,78	1,68	2,41	13,89	20,88	38,67	12,25	122
16	Казачинский	тыс. га	46,59	3,13	17,51	18,33	5,13	2,06	0,43	113
17	Канский	тыс. га	162,83		0,82	6,73	20,80	88,96	45,52	144
18	Карагузский	тыс. га	30,37	0,28	6,49	5,41	11,89	5,82	0,48	77
19	Козульский	тыс. га	34,97	0,49	12,34	6,50	7,55	7,02	1,07	146
20	Красноярский	тыс. га	100,22			6,00	19,51	66,25	8,46	122
21	Курагинский	тыс. га	80,62	2,22	8,91	11,19	27,68	30,26	0,36	86
22	Манский	тыс. га	40,27	0,44	13,17	13,27	9,05	3,69	0,65	110
23	Минусинский	тыс. га	89,23		1,08	3,68	26,13	44,42	13,92	122
24	Назаровский	тыс. га	201,45	0,24	5,05	15,36	40,44	79,14	61,22	132
25	Нижнеингашский	тыс. га	42,90		0,83	4,85	4,60	14,88	17,74	154
26	Новоселовский	тыс. га	101,24	0,01	1,41	7,86	13,13	36,27	42,56	145
27	Партизанский	тыс. га	61,70	0,10	9,30	23,10	10,80	13,30	5,10	96
28	Пировский	тыс. га	14,23		0,23	4,89	6,24	2,79	0,08	187
29	Рыбинский	тыс. га	115,97		0,00	5,02	10,37	48,51	52,07	137
30	Саянский	тыс. га	75,98	0,02	3,35	7,00	7,27	24,95	33,38	140
31	Суходубинский	тыс. га	91,15	0,13	1,50	6,98	11,91	29,73	40,90	150
32	Тасеевский	тыс. га	48,64			0,10	2,99	16,34	29,21	182
33	Тюхтетский	тыс. га	32,65	0,21	8,63	14,65	7,08	1,63	0,46	131
34	Ужурский	тыс. га	203,35	0,22	1,36	6,19	14,00	54,42	127,16	167
35	Уярский	тыс. га	71,59	0,66	1,74	10,59	6,55	27,74	24,31	154
36	Шарыповский	тыс. га	114,97	0,06	0,73	3,54	9,28	38,58	62,78	162
37	Шушенский	тыс. га	43,23			10,41	17,68	13,29	1,85	95
<b>Всего</b>			<b>2682,16</b>	<b>15,98</b>	<b>156,83</b>	<b>313,68</b>	<b>420,70</b>	<b>941,66</b>	<b>833,31</b>	<b>138</b>

<sup>3</sup> в соответствии с ГОСТ 26204-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО», с ГОСТ 26205-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО», с ГОСТ Р 54650-2011 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО».

Согласно методике проведения почвенной диагностики забор образцов осуществляется поздней осенью (после прекращения процессов минерализации) или ранней весной (до начала минерализации) при среднесуточной температуре пахотного слоя ниже +10 °С по причине стабилизации содержания нитратного азота в почве. Образцы просушиваются и хранятся в сухом прохладном месте.

Таблица 4

**Характеристика почв по содержанию нитратного азота под урожай 2020 года**

Район	Обследованная пашня, тыс. га	Содержание N-NO <sub>3</sub> , тыс. га			
		менее 12 мг/кг		более 12 мг/кг	
		га	%	га	%
Западная и центральная группы муниципальных районов					
Ачинский	6380,6	5891,6	92,3	489,0	7,7
Балахтинский	32025,8	17746,1	55,4	14279,7	44,6
Березовский	764,7	615,7	80,5	149,0	19,5
Боготольский	9189,0	7883,0	85,8	1306,0	14,2
Большемуртинский	10699,7	4258,8	39,8	6440,9	60,2
Енисейский	34,0	5,7	16,8	28,3	83,2
Емельяновский	8062,3	6607,2	82,0	1455,0	18,0
Козульский	900,0	900,0	100,0		
Манский	2928,0	1539,0	52,6	1389,0	47,4
Назаровский	32501,0	10469,4	32,2	22031,6	67,8
Новоселовский	43552,3	23692,8	54,4	19859,5	24,5
Сухобузимский	27217,7	8048,8	83,7	19168,9	16,3
Ужурский	125909,0	40089,0	31,8	85820,0	68,2
Шарыповский	58909,8	21116,9	35,8	37792,9	64,2
ИТОГО по зоне:	359073,9	148864,0	41,5	210209,8	58,5
Южная группа муниципальных районов					
Ермаковский	3591,0	3591,0	100,0		
Идринский	10660,0	10360,0	589,5	300,0	2,8
Каратузский	9144,0	5700,0	62,3	3444,0	37,7
Краснотуранский	25382,0	21904,0	86,3	3478,0	15,0
Курагинский	34902,0	29718,0	85,1	5184,0	14,9
Минусинский	30825,0	28730,0	93,2	2095,0	6,8
Шушенский	14899,0	13651,0	88,7	1248,0	11,3
ИТОГО по зоне:	129403,0	113654,0	87,8	15749,0	12,2
Восточная группа муниципальных районов					
Абанский	18706,0	16474,0	88,1	2232,0	11,9
Дзержинский	15857,0	11066,0	69,8	4791,1	30,2
Ирбейский	5952,0	5561,0	93,4	391,0	6,6
Канский	37070,0	27412,0	73,9	9658,0	26,1
Нижнеингашский	12344,0	4947,0	40,1	7397,0	59,9
Партизанский	12131	5277	43,5	6854	56,5
Рыбинский	36994,0	28652,0	77,5	8342,0	22,5
Саянский	7125,0	6283,0	88,2	842,0	11,8
Тасеевский	12759,0	7633,0	59,8	5126,0	40,2
Уярский	23029,0	15776,0	68,5	7253,0	31,5
ИТОГО по зоне:	181967,0	129081,0	70,9	52886,1	29,1
<b>Всего по краю</b>	<b>670 443,9</b>	<b>391 599,0</b>	<b>58,4</b>	<b>278 844,9</b>	<b>41,6</b>

Важным показателем физико-химических свойств почв является реакция среды (рН<sub>соль</sub>). От нее зависят усвоение растениями питательных веществ, минерализация органических веществ, разложение почвенных минералов и растворение различных труднорастворимых соединений. Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальная область рН<sub>соль</sub> находится в пределах от 5,5 до 6,3. Средневзвешенное значение реакции почвенного раствора в почвах Красноярского края составляет 5,9 единиц рН<sub>соль</sub> – близкая к нейтральной. На долю почв с рН до 5,0 (очень сильнокислые, сильнокислые, среднекислые) приходится 12,0 %. Наибольшее распространение эти почвы имеют в подтаежном природном округе (табл. 5).

Таблица 5

**Характеристика почв по реакции почвенного раствора<sup>4</sup>**

№ п/п	Наименование района	Единицы измерения	Обследованная пашня, тыс. га	Группировка почв, тыс. га									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
				очень сильнокислые	сильнокислые	среднекислые	слабокислые	близкие к нейтральн.	нейтральные	слабощелочные	Средневзвешенное значение, ед. рН <sub>соль</sub>		
1	Абанский	тыс. га	82,24			2,23	20,71	32,14	27,16				5,9
2	Ачинский	тыс. га	53,11			6,09	21,1	14,07	10,21	1,64			5,7
3	Балахтинский	тыс. га	120,35			2,32	21,09	42,26	53,61	1,07			6,0
4	Бирилюсовский	тыс. га	46,35	0,11	8,47	26,76	9,73	1,23	0,05				4,8
5	Боготольский	тыс. га	48,69		0,01	7,25	29,51	9,80	2,12				5,4
6	Большемуртинский	тыс. га	42,46		0,32	1,73	9,28	13,27	15,72	2,14			6,0
7	Большелулуйский	тыс. га	46,92	0,34	0,71	19,68	20,93	4,47	0,79				5,2
8	Дзержинский	тыс. га	78,74		0,02	0,18	5,90	22,30	50,34				6,3
9	Березовский	тыс. га	10,85			0,04	0,90	0,78	6,83	2,29			6,6
10	Емельяновский	тыс. га	70,67		0,14	2,76	12,44	20,33	28,80	6,2			6,1
11	Енисейский	тыс. га	29,12	0,48	17,41	7,04	2,79	0,56	0,84				4,6
12	Ермаковский	тыс. га	44,39		2,21	11,94	20,14	3,52	2,44	4,14			5,4
13	Идринский	тыс. га	55,43			0,91	6,07	23,97	24,24	0,24			6,0
14	Иланский	тыс. га	58,90	0,20	0,40	4,00	9,40	16,70	28,20				6,1
15	Ирбейский	тыс. га	89,78		0,05	2,63	23,82	46,98	16,30				5,7
16	Казачинский	тыс. га	46,59		3,79	24,98	11,27	4,02	2,45	0,08			5,1
17	Канский	тыс. га	162,83			0,21	5,12	28,61	128,89				6,6



№ п/п	Наименование района	Единицы измерения	Обследованная площадь, тыс. га	Группировка почв, тыс. га							
				1	2	3	4	5	6	7	8
				очень сильно-кислые	сильнокислые	среднекислые	слабокислые	близкие к нейтральн.	нейтральные	слабощелочные	Средне-взвешенное значение, ед. рН <sup>4</sup>
18	Каратузский	тыс. га	30,37		2,00	2,61	1,18	16,89	7,69	0,00	5,7
19	Козульский	тыс. га	34,97	0,41	5,84	17,35	9,12	2,21	0,04		4,9
20	Краснотуранский	тыс. га	100,22			0,10	2,04	24,88	68,87	4,33	6,3
21	Курагинский	тыс. га	80,62	0,40	8,11	2,10	2,65	28,44	34,58	4,34	5,9
22	Манский	тыс. га	40,27	0,007	0,924	14,65	21,807	2,207	0,672		5,2
23	Минусинский	тыс. га	89,23			0,15	0,80	26,89	56,01	5,38	6,4
24	Назаровский	тыс. га	201,45		1,17	24,66	100,04	46,46	26,21	2,91	5,5
25	Нижнеинга-шский	тыс. га	42,90		0,14	1,23	16,81	17,52	7,20		5,7
26	Новоселовский	тыс. га	101,24			0,04	0,76	19,59	60,79	20,07	6,6
27	Партизанский	тыс. га	61,70		0,10	3,20	33,30	14,30	10,80		5,5
28	Пировский	тыс. га	14,22		7,50	6,39	0,26	0,068			4,6
29	Рыбинский	тыс. га	115,97			0,39	12,52	52,62	50,44		5,9
30	Саянский	тыс. га	75,98		0,56	13,63	30,06	24,78	6,95		5,4
31	Сухобу-зимский	тыс. га	91,15		0,07	0,67	15,53	34,30	37,99	2,59	6,0
32	Тасеевский	тыс. га	48,64		0,75	2,75	18,24	17,37	9,53		5,7
33	Тюхтетский	тыс. га	32,68	0,19	5,27	17,14	8,61	1,15	0,32		4,9
34	Ужурский	тыс. га	203,35	0,00	0,04	2,36	15,75	35,93	107,08	42,19	6,5
35	Уярский	тыс. га	71,59		0,05	7,27	28,35	27,26	8,66		5,5
36	Шарыповский	тыс. га	114,97		0,39	9,35	33,89	25,31	35,44	10,59	5,9
37	Шушенский	тыс. га	43,23			3,22	11,76	11,75	14,77	1,73	6,1
	<b>Всего</b>	<b>тыс. га</b>	<b>2682,16</b>	<b>2,14</b>	<b>66,45</b>	<b>250,01</b>	<b>593,67</b>	<b>714,93</b>	<b>943,03</b>	<b>111,93</b>	<b>5,9</b>

<sup>4</sup> в соответствии с ГОСТ 26483–85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО».

Почвы Красноярского края характеризуются низким содержанием **подвижной серы** на площади 1 746,2 тыс. га (71,1 %), средним – на площади 573,12 тыс. га (23,3 %) и высоким – на площади 136,87 тыс. га (5,6 %). Средневзвешенное значение составляет 4,9 мг/кг (низкое). Наиболее бедны подвижной серой почвы Абанского, Дзержинского, Ермаковского, Идринского, Ирбейского, Нижнеинга-шского, Пировского, Шушенского районов (табл. 6).

Таблица 6  
Характеристика почв по содержанию подвижной серы<sup>5</sup>

№ п/п	Наименование	Единицы измерения	Обследо-ванная пло-щадь, тыс. га	Группировка почв, тыс. га			Средневзве-шенное содер-жание, мг/кг
				низкое	среднее	высокое	
1	Абанский	тыс. га	82,24	74,65	7,05	0,54	2,3
2	Ачинский	тыс. га	53,12	30,41	19,30	3,41	6,5
3	Балахтинский	тыс. га	120,33	73,95	42,87	3,51	4,65
4	Боготольский	тыс. га	48,68	45,14	3,54		3,65
5	Большемуртинский	тыс. га	42,46	32,50	8,60	1,36	5,14
6	Большеулуйский	тыс. га	7,13	4,03	3,10		5,58
7	Дзержинский	тыс. га	78,75	74,24	3,93	0,58	1,6
8	Березовский	тыс. га	10,84	5,17	3,79	1,88	9,25
9	Емельяновский	тыс. га	69,19	39,86	24,24	5,09	5,87
10	Енисейский	тыс. га	0,03		0,03		7,70
11	Ермаковский	тыс. га	15,69	15,52		0,17	0,90
12	Идринский	тыс. га	48,46	44,43	4,03		2,90
13	Иланский	тыс. га	58,89	51,35	6,07	1,47	3,10
14	Ирбейский	тыс. га	89,79	83,62	5,94	0,23	2,3
15	Казачинский	тыс. га	45,66	27,72	17,58	0,36	5,5
16	Канский	тыс. га	162,83	128,80	22,68	11,35	5,1
17	Каратузский	тыс. га	30,27	23,40	5,24	1,63	4,5
18	Козульский	тыс. га	19,88	15,26	3,84	0,78	5,11
19	Краснотуранский	тыс. га	100,20	82,99	14,50	2,71	3,6
20	Курагинский	тыс. га	81,69	73,65	7,01	1,03	3,1
21	Манский	тыс. га	30,37	19,33	9,25	1,79	5,9
22	Минусинский	тыс. га	44,60	31,56	8,13	4,91	4,6
23	Назаровский	тыс. га	197,67	131,31	50,60	15,76	5,9
24	Нижнеинга-шский	тыс. га	42,89	42,06	0,83	0,00	1,0
25	Новоселовский	тыс. га	101,16	25,42	60,93	14,81	8,54
26	Партизанский	тыс. га	61,71	39,20	20,95	1,56	5,4
27	Пировский	тыс. га	14,23	14,23			1,36
28	Рыбинский	тыс. га	115,97	102,34	8,38	5,25	3,5
29	Саянский	тыс. га	75,98	72,99	2,51	0,48	2,2
30	Сухобузимский	тыс. га	91,19	57,61	30,29	3,29	5,7
31	Тасеевский	тыс. га	48,64	42,70	4,66	1,28	3,6
32	Тюхтетский	тыс. га	32,64	19,73	9,56	3,35	6,15
33	Ужурский	тыс. га	203,21	64,30	102,94	35,97	8,85
34	Уярский	тыс. га	71,60	54,83	14,56	2,21	3,9
35	Шарыповский	тыс. га	114,97	61,76	43,91	9,30	7,9
36	Шушенский	тыс. га	43,23	40,14	2,28	0,81	2,8
	<b>Всего</b>	<b>тыс. га</b>	<b>2456,19</b>	<b>1746,20</b>	<b>573,12</b>	<b>136,87</b>	<b>4,9</b>

<sup>5</sup> в соответствии с ГОСТ 26490–85 «Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО».

Недостаточное содержание в почве подвижной серы снижает урожайность и качество зерна, поскольку она входит в состав белков и способствует образованию клубеньков у бобовых растений. Большую роль играет сера в синтезе масел у сельскохозяйственных культур семейства крестоцветных. Особенно её недостаток сказывается на образовании репродуктивных органов и имеет сходство с признаками недостатка азота (молодые листья мелкие, стебли жесткие, рост растений ослабленный, окраска листьев равномерно бледно-зеленая). В сельскохозяйственной практике это часто приводит к ошибкам в диагнозе, завышению доз азотных удобрений, недобору урожаев и снижению качества продукции. Серное голодание усиливается в сухую погоду [Аристархов, 2016].

Во внесении серосодержащих удобрений (сульфата аммония, сульфаммофоса) нуждается 94,4 % площади пашни, особенно на которых планируется выращивание сельскохозяйственных культур с белковым типом питания (бобовые и крестоцветные).

**Микроэлементы** необходимы растениям в очень небольших количествах, однако каждый из них выполняет строго определённые функции в обмене веществ, питании растений и не может быть заменён другим элементом. *При интенсификации земледелия и повышении урожайности усиливается вынос микроэлементов сельскохозяйственными культурами.* В первую очередь это **медь, марганец, цинк, кобальт, бор.**

Почвы Красноярского края отличаются значительным недостатком **меди**, поскольку 2 016,02 тыс. га, или 84,0 % почв, характеризуются низким ее содержанием. На долю почв со средним и высоким содержанием приходится всего 317,98 тыс. га, или 13,2 %, и 66,68 тыс. га, или 2,8 % почв соответственно. Средневзвешенное содержание меди составляет – 0,11 мг/кг (низкое).

Наиболее подвержены медному голоданию зерновые культуры. У них наблюдается слабый рост, хлороз, падение тургора, побеление кончиков листьев, пустозерность. Медь является компонентом ряда растительных ферментов, участвует в окислительно-восстановительных процессах, усиливает процесс дыхания, улучшает углеводный и белковый обмен, увеличивает содержание сахаров, тем самым повышая засухоустойчивость и морозостойкость растений, устойчивость к грибным и бактериальным заболеваниям.

На фоне высоких доз азотных удобрений потребность растений в меди усиливается.

Продуктивность растений также зависит от обеспеченности их подвижным **марганцем**. В целом по Красноярскому краю половина (49,1 %) обследованных земель отличаются низким его содержанием. Средневзвешенное значение составляет 9,6 мг/кг (низкое). Марганец влияет на процессы фотосинтеза и дыхания растений, является активатором многочисленных ферментов, улучшает углеводный и белковый обмен, участвует в синтезе витаминов.

В наибольшей степени марганцевое голодание проявляется на карбонатных черноземах легкого гранулометрического состава с щелочной реакцией среды. Поэтому почвы южной группы муниципальных районов края (Ермаковский, Идринский, Каратузский, Курагинский, Краснотуранский, Минусинский, Шушенский) отличаются более низким содержанием этого элемента. Здесь на долю почв с низким содержанием приходится 88,5–100,0 % обследованных почв.

Следует отметить, что в кислых почвах содержание марганца повышается.

На 98,9 % почв Красноярского края растения испытывают цинковое голодание. Средневзвешенное содержание **подвижного цинка** составляет 0,7 мг/кг (низкое). Цинк оказывает многостороннее действие на обмен энергии и веществ в растениях, так как входит в состав ферментов и принимает участие в синтезе ростовых веществ. При недостатке подвижного цинка нарушается обмен веществ, а также процесс образования хлорофилла. Более чувствительными растениями к недостатку цинка являются кукуруза, соя, лен. Зерновые и зернобобовые культуры практически не реагируют на недостаток цинка.

Следует отметить, что наибольшее цинковое голодание растения испытывают на почвах с нейтральной или слабощелочной реакцией при повышенном содержании подвижного фосфора, поэтому при обильном внесении фосфорных удобрений потребность растений в цинке повышается.

Средневзвешенное значение содержания **подвижного кобальта** в почвах Красноярского края составляет 0,15 мг/кг (низкое). На долю почв с низким содержанием приходится 70,3 % почв, наибольший процент которых отмечается в Абанском, Дзержинском, Идринском, Краснотуранском, Курагинском и Минусинском муниципальных образованиях. Кобальт является составной частью витамина В12, принимает участие в окислительно-восстановительных реакциях, в синтезе нуклеиновых кислот, необходим для биологической фиксации атмосферного азота бобовыми культурами. Для оптимальной подвижности кобальта требуется нейтральная реакция почвенного раствора. При отклонении реакции среды в сторону подкисления или подщелачивания подвижность кобальта резко снижается.

Почвы Красноярского края высоко обеспечены подвижным **бором**, поскольку 2 162,65 тыс. га, или 96,0 %, обследованных почв характеризуются высоким его содержанием. Средневзвешенное содержание бора составляет – 1,85 мг/кг (высокое). **Бор** оказывает положительное значение на усвоение растениями фосфора. Играет значительную роль в процессе оплодотворения, необходим для правильного прорастания пыльцевых зёрен и роста пыльцевых трубочек. На доступность бора растениями оказывают влияние климатические условия (особенно засуха, вымывание).

На полях с низким и средним содержанием подвижных форм микроэлементов необходимо применение микроудобрений. Микроудобрения применяются дробно, в два приёма или в один. Применение некорневых минеральных подкормок рекомендуется совмещать с обработкой пестицидами.

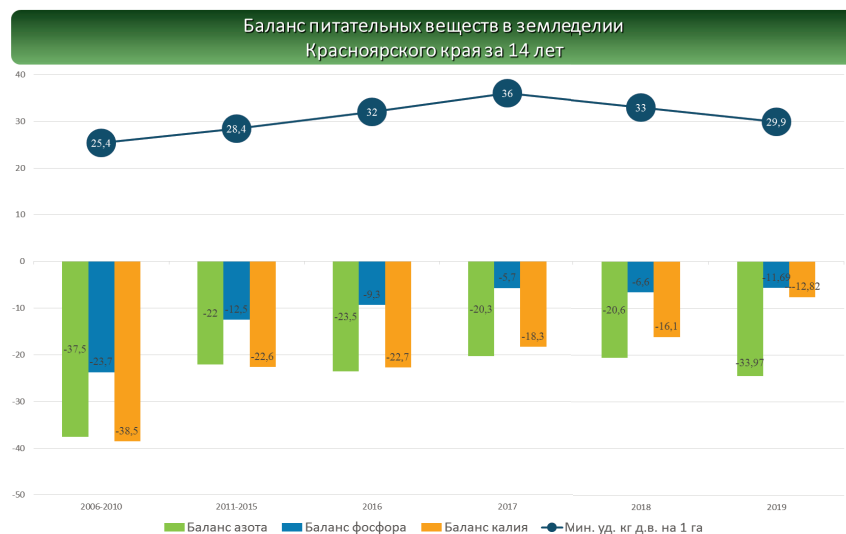
## 2.1. Баланс питательных веществ

Баланс элементов питания в земледелии является показателем уровня воспроизводства плодородия почв.

В последние 14 лет состояние уровня применения удобрений в Красноярском крае нельзя назвать устойчивым по причине формирования урожая сельскохозяйственных культур преимущественно за счет естественных источников плодородия почвы и запасов питательных веществ, созданных предшествующей удобренностью. Вынос макроэлементов с основной продукцией компенсировался минеральными удобрениями только на 15–23 % (рис. 2).

За период 2006–2019 годов средний объем внесения минеральных удобрений составил 36,94 тыс. тонн д.в., или 24,9 кг д.в. на 1 га посевной площади.

По состоянию на 01.08.2020 достигнут стартовый уровень применения минеральных удобрений в объеме 49,04 тыс. тонн д.в., или 33,20 кг д.в. на 1 га посевной площади, что на 13,20 тыс. тонн больше, чем на соответствующую дату 2019 года. В настоящее время земледелие края выходит на компенсационный уровень применения минеральных удобрений, что при современных сберегающих технологиях и приемах защиты растений позволит поддерживать урожайность на достаточно высоком уровне.



**Рис. 2 – Динамика баланса питательных веществ в земледелии Красноярского края за 14 лет**

В то же время соотношение применяемых минеральных удобрений по N:P:K неудовлетворительное. Преобладают азотные удобрения. Наблюдается острейший дефицит фосфорных удобрений, а также комплексных азотно-фосфорных и азотно-фосфорно-калийных удобрений. Потребность сельского хозяйства края в фосфорных удобрениях (за счет комплексных) удовлетворяется не более чем на 10–15 %.

При этом следует помнить, что современные агротехнологии интенсивного и высокого земледелия требуют радикального уровня применения удобрений, который предполагает не только возмещение элементов питания, отчужденных с урожаем сельскохозяйственных культур, но и расширенное воспроизводство почвенного плодородия пахотных земель и лугопастбищных угодий. Дозы применения удобрений должны быть увеличены до 100–120 и более кг д.в./га. Такой уровень химизации обязательно должен сочетаться с системой защиты растений, обработкой почвы точной высокопроизводительной техникой. При этом возможно получение сбалансированной продукции, отвечающей требованиям переработки и рынка.

При проектировании применения удобрений в интенсивных и точных системах удобрения на научно-методологической основе **интенсивность баланса азота должна составлять 80–110 %**. При интенсивности баланса ниже 80 % происходит ухудшение агрофизических свойств почв в связи с усилением минерализации гумуса, снижение урожайности и качества продукции (снижение белка в зерне и ухудшение его технологических свойств). При интенсивности баланса более 110 % усиливается денитрификация и вымывание азота, потери обменного и водорастворимого кальция, закисление почв, нитратное загрязнение водоисточников и продукции растениеводства.

**Интенсивность баланса фосфора** при низком содержании подвижных форм этого элемента **должна составлять не менее 200 %, при среднем – 150 %, при высоком и очень высоком – 80–100 %**, на почвах легкого и тяжелого грансостава, соответственно, 40–100 % в зависимости от содержания в почве подвижных форм фосфора.

**Интенсивность баланса калия должна составлять 130–150 % при низком содержании** в почве его подвижных форм. Наряду с основными элементами питания большую роль в обеспечении сбалансированного питания растений играют сера, кальций, магний и микроэлементы.

## 2.2. Потребность в элементах питания сельскохозяйственных культур

В соответствии с распоряжением Минсельхоза России по наращиванию применения минеральных удобрений для проведения сезонных полевых работ на 2020–2025 годы, Министерством сельского хозяйства и торговли Красноярского края совместно с центрами и станциями агрохимических служб Красноярского края сформирован стратегический план по наращиванию приобретения минеральных удобрений до 2025 года до уровня научно обоснованной потребности, обеспечивающей стабилизацию почвенного плодородия, компенсацию выноса питательных веществ с урожаем (далее – стратегический план).

Согласно стратегическому плану объем приобретения минеральных удобрений к 2025 году составит 99,17 тыс. тонн д.в. (N – 62,89 тыс. тонн д.в., P – 31,04 тыс. тонн д.в., K – 5,24 тыс. тонн д.в.), в том числе под зерновые и зернобобовые культуры 63,77 тыс. тонн д.в., кормовые – 23,89 тыс. тонн д.в., технические – 10,16 тыс. тонн д.в.

Такой объем внесения удобрений позволит Красноярскому краю к 2025 году устойчиво обеспечить компенсационный уровень применения минеральных удобрений, определяющий возмещение элементов питания, отчужденных с урожаем сельскохозяйственных культур.

При определении потребности в минеральных и органических удобрениях сельскохозяйственных культур необходимо учитывать динамику потребления питательных элементов каждой сельскохозяйственной культуры в периоды ее роста и развития.

**Озимые зерновые культуры** по сравнению с яровыми зерновыми имеют довольно продолжительный период потребления питательных веществ, начинающийся осенью и заканчивающийся на следующий год в фазе налива зерна у пшеницы и в фазе цветения у озимой ржи. Они обладают более мощной корневой системой. Отличаются большим биологическим потенциалом, лучше отзываются на внесение удобрений. Урожайность этих культур зависит

от перезимовки, которую необходимо улучшить рациональным применением органических и минеральных удобрений.

Озимые культуры предъявляют повышенные требования к фосфорно-калийному питанию, которое способствует развитию корневой системы, накоплению углеводов и повышению зимостойкости. Наиболее сильно недостаток азота растения испытывают весной, с возобновлением вегетации при отрастании корней, побегов и листьев, когда происходит формирование стебля и колоса. Максимальное поступление азота в растения ржи отмечается в конце фазы колошения перед цветением. В последующем растениями поглощается из почвы незначительное количество азота, на формирование зерна используется ранее накопленный в вегетативных органах азот. Холодная погода осенью и весной резко ослабляет поступление азота в растение. Избыток азота с осени приводит к изреживанию растений, что является причиной гибели озимых, или полеганию летом.

Очень отзывчивы озимые растения на внесение органических удобрений, особенно по чистым и занятым парам в дозе 30–40 т/га.

Обязательным является припосевное внесение фосфорных удобрений и допосевное внесение калийных удобрений.

Высокоэффективный прием – ранневесенняя подкормка озимых азотными удобрениями после перезимовки. Действие подкормки зависит от влажности. Для ранневесенней подкормки по мерзлоталой почве («черепку») рекомендуется применение аммиачной селитры, а при поздней – мочевины.

**Яровые зерновые культуры (пшеница, ячмень, овес)** в отличие от озимых имеют более сжатый период потребления питательных веществ. Две трети усваивается ими от начала выхода в трубку до цветения. Яровые слабее кустятся, имеют слаборазвитую корневую систему, что обуславливает сравнительно высокую потребность в доступных питательных веществах. Ячмень поглощает элементы питания за 30–35 дней, пшеница – за 48–55 дней, у овса этот период более продолжительный.

В системе удобрения яровых зерновых культур ведущую роль выполняет азот, без внесения которого фосфорные и калийные удобрения не увеличивают урожай зерна. Фосфорные и калийные удобрения вносят с осени, азотные под предпосевную культивацию – взброс или локально-ленточно (врезанием). В рядки при посеве вносят небольшую дозу фосфорных удобрений.

Органические удобрения под яровые хлеба, как правило, не вносят, так как они хорошо используют последствие. В Красноярском крае под яровую пшеницу, размещенную по пару, используют 20–30 т/га.

Под первые зерновые (по пару, пласту многолетних трав, занятому пару) вносят только фосфорные удобрения. Калийные удобрения вносят в пар или в парозанимающие культуры, гранулированные формы можно вносить в рядки при посеве или врезать локально-ленточно. Под вторые зерновые культуры вносят азотно-фосфорные удобрения. Идеальным удобрением для повторных посевов зерновых культур являются нитроаммофос, аммофос. Они вносятся в зависимости от типа почв. На черноземных почвах эффективнее применение аммофоса, а для менее гумусированных почв – нитроаммофоса.

При размещении зерновых после пропашных культур, удобренных органическими удобрениями, не следует вносить азотные удобрения более 50–60 кг/га во избежание полегания. При использовании зерновых в качестве покровной культуры для многолетних трав вносят фосфорно-калийные удобрения с учетом их общей потребности.



Рис. 3 – Яровая пшеница. Балахтинский район, июнь 2020

Основной особенностью питания **зерновых бобовых культур (горох)** является фиксация азота воздуха благодаря симбиозу корней бобовых культур с клубеньковыми бактериями, при этом 75 % азота, фиксированного из воздуха, используется растениями, а 25 % остается в клубеньках. Поэтому в почве остается незначительное количество азота. В надземной массе эти растения накапливают много фосфора, кальция, магния и серы.

Важной их особенностью является способность поглощать труднодоступные формы фосфора. Большое влияние на фосфорный обмен оказывает калий. При достаточной обеспеченности почвы калием увеличивается использование даже малых доз фосфора. Зернобобовые потребляют много кальция. Повышенное содержание в почве азота значительно уменьшает азотфиксацию.

Зерновые бобовые культуры довольно равномерно потребляют питательные вещества из почвы и удобрений. К фазе образования бобов потребление растениями азота составляет 90 % от максимального, фосфора – 70 %, калия – полностью завершается.

Обязательным приемом является внесение под зерновые бобовые культуры небольших стартовых доз азота весной, так как фиксация азота начинается не с первого дня роста, а примерно через 10–14 дней после посева. Горох сравнительно хорошо использует запасы фосфора из почвы, поэтому эффективным фосфорным удобрением может являться фосфоритная мука. Однако в начальный период роста и развития обязательным приемом на почвах всех типов и во всех зонах возделывания гороха является внесение в рядки при посеве гранулированного суперфосфата из расчета 10–15 кг/га. Фосфорные удобрения не только повышают урожай гороха, но и ускоряют созревание семян. Для усиления азотфиксации семена бобовых культур обрабатывают нитрагином и молибденом. Очень эффективным удобрением является молибденизированный суперфосфат. Калийные удобрения эффективны как на бедных по элементам минерального питания почвах, так и на черноземах. Система удобрения гороха включает основное и припосевное. Дозы основного удобрения составляют  $N_{20-40}$ ,  $P_{40-60}$ ,  $K_{30-60}$ . Во всех зонах возделывания гороха наиболее эффективным является осеннее применение фосфорно-калийных удобрений под зяблевую вспашку [Ульянова, Белоусова, 2017].

Самым энергично развивающимся направлением в сельском хозяйстве Красноярского края является производство **рапса на маслосемена**. Рапс очень

требовательная культура к обеспеченности почвы элементами питания. На формирование 1 т семян рапса с учетом побочной продукции в условиях Сибири требуется 71 кг азота, 15,7 кг фосфора, 84,8 кг калия, т.е. в два раза больше азота и фосфора, чем на зерновые культуры, и в 4 раза больше калия. Кислотность почвы должна быть в пределах 5,5–7. Рапс требователен к влаге, поэтому размещать его следует на почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава, поскольку легкие песчаные почвы не обладают достаточной влагоёмкостью.



Рис. 4 – Яровой рапс. Каратузский район, июнь 2020

Максимальное потребление элементов питания у ярового рапса отмечено в фазе бутонизации – начало цветения. Рапс отзывчив на внесение минеральных удобрений. По данным многочисленных исследований, рекомендуемая доза удобрений в лесостепной зоне для формирования урожайности 18–20 ц/га составляет  $N_{60-120}$ ,  $P_{40-60}$ ,  $K_{100-160}$ .

Азотные удобрения вносят под предпосевную культивацию или в период полупаровой обработки почвы при поздних сроках посева. Лучшие результаты дает дробное внесение азотных туков – осенью под основную обработку и весной при посеве. Осенью допускается вносить только сульфат аммония с обязательной заделкой в почву. При применении других видов азотных удобрений их рекомендуют вносить в два приема: перед посевом (при посеве)  $N_{60-80}$ , затем в фазу начала стеблевания  $N_{40}$ . В настоящее время в крае под рапс используют минеральные азотные удобрения в жидком виде: карбимидно-аммиачную смесь (КАС) и безводный аммиак. Из опыта практикующих предприятий КАС-32 вносят локально перед посевом в количестве 150–300 л, безводный аммиак врезают на глубину 19 см из расчета 72 кг/га осенью или весной.

Максимум поглощения подвижного фосфора происходит в период между стеблеванием и цветением. Корневая система рапса, по сравнению с зерновыми культурами, обладает фосформобилизирующими свойствами, то есть способна усваивать неподвижный фосфор из почвы. Стартовую дозу фосфорных удобрений (до 10–20 кг/га  $P_2O_5$ ) рекомендуется вносить с семенами при посеве, большие дозы фосфора и калия – локально или взброс под основную обработку почвы.

Потребность рапса в калии удовлетворяется внесением сульфатсодержащих калийных удобрений. Этим предотвращается избыток

хлоридов, вызывающих у рапса хлорозы, а также достигается обеспечение растений рапса серой. Сера – наиважнейший элемент для рапса, повышающий не только урожайность, но и содержание масла в зерне. С каждой тонной ярового рапса выносятся 5 кг серы. Недостаток серы восполним при подкормке рапса серосодержащим азотным удобрением – сульфатом аммония.

Также необходимо предусмотреть внекорневые подкормки борными удобрениями. Рапс нуждается в боре, особенно до и во время цветения. Зачастую именно в эти фазы развития растения наблюдается недостаток этого микроэлемента. За вегетацию рапс поглощает до 350–450 г/га бора. Содержание бора в почвах возрастает с повышением ее кислотности.

При выращивании рапса на маслосемена необходимо внесение 30–50 кг/га серы и 2–3 кг/га бора в виде борной кислоты [Современные технологии..., 2020].

По требованиям к условиям произрастания *соя* довольно устойчива к заморозкам, засухе, переувлажнению почвы, вынослива к целому ряду патогенов, в связи с чем становится востребованной культурой на продовольственном рынке Сибири.

Потребность в элементах питания у сои довольно высокая, особенно в азоте, необходимом для накопления белка. На формирование 1 т семян она использует 75–100 кг азота, 20–30 кг фосфора и 30–50 кг калия. Характерной особенностью сои является неравномерное потребление ею питательных веществ по фазам роста и развития растений. Наиболее интенсивное их потребление отмечается в фазе формирования бобов и начала налива семян. Критические фазы потребления элементов питания: по азоту – фаза бутонизации и цветения (30–40 дней), к фосфору – первый месяц вегетации, к калию – фаза бобообразования и налива семян.

Несмотря на наличие критических периодов, соя довольно слабо реагирует на минеральные удобрения на черноземных и других типах почв, характеризующихся высоким плодородием. Это объясняется тем, что до 70 % всего потребления азота соя удовлетворяет за счет биологической фиксации из атмосферного воздуха посредством симбиоза с ризобиями, фосфор – из труднорастворимых соединений, а обменный калий – из почвенных запасов, благодаря активному функционированию корневой системы. Эти особенности культуры следует учитывать в системе удобрений, обеспечивая условия для активного функционирования симбиотного процесса.



Рис. 5 – Соя. Каратузский район, август 2019

Помимо основных элементов питания соя испытывает потребность в микроэлементах:

в фазе образования двух-трёх листов – бор, молибден;  
в фазе бутонизации – бор, молибден, цинк, железо, марганец.

Перспективной культурой для центральных и южных районов Красноярского края является **лён масличный**. Для формирования 1 ц семян с учетом побочной продукции льну масличному необходимо 5–6,5 кг азота, 1,0–1,2 кг фосфора, 4–5,5 кг калия [Гатаулина и др., 2007]. Для возделывания льна пригодны черноземные легко-, среднесуглинистые, супесчаные почвы с рН 5,0–6,0, обеспеченные подвижным фосфором (100–200 мг/кг почвы), обменным калием (100–200 мг/кг), бором (0,30–0,70 мг/кг) и цинком (3–5 мг/кг).

Посев льна масличного на почвах с рН более 6,0 не рекомендуется, поскольку лен может поражаться кальциевым хлорозом.

Наибольшая потребность в азоте проявляется в фазы ёлочки и бутонизации, в фосфоре – в начальный период развития и в период формирования коробочек, в калии – в период созревания.

В то же время лён масличный чувствителен к избытку питательных веществ в почве, поэтому целесообразно внесение удобрений в разные сроки: осенью под зябь, перед посевом и в подкормку [Земледелие..., 1998].

Азот и фосфор вносятся при посеве в виде комплексного удобрения или смеси аммиачной селитры и аммофоса. Часть азотных и калийных удобрений целесообразно вносить в качестве подкормки в фазу ёлочки для обеспечения растений этими элементами в период наибольшей потребности в них [Сентябрь, 2010].



Рис. 6 – Лён масличный. Сухобузимский район, июнь 2020

**Кукуруза** является основной силосной культурой, обладающей большими потенциальными возможностями для создания урожая зеленой массы. Кукуруза теплолюбивая культура, что определяет ее требования к произрастанию. Также важной особенностью кукурузы является очень медленный рост и развитие, а следовательно, и потребление элементов питания, в начальный период – от всходов до фазы 5–7 листьев (первые 25–30 дней). В этот период она очень требовательна к наличию легкодоступных питательных веществ в почве. Поэтому для удовлетворения потребности молодых растений в элементах питания необходимо поддерживать повышенный уровень их содержания путем припосевного внесения удобрений. Однако в момент прорастания семян

кукуруза чувствительна к концентрации солей в почве, поэтому дозу рядкового внесения дают очень малой – до 10 кг/га. Эффективно внесение основного фосфорно-калийного удобрения в дозах 60–90 кг/га. Более высокие дозы вносят в том случае, если не применяли навоз или компост. Азотные удобрения лучше вносить не с осени, а весной под предпосевную культивацию и при междурядной обработке (как подкормку).

По мере роста корней и надземной массы способность усваивать элементы питания возрастает. От фазы 6–7 листьев до образования метелки и цветения у кукурузы наблюдается очень интенсивный прирост надземной массы и потребление питательных веществ. В этот период кукуруза потребляет 60–75 % элементов питания от общего выноса.

Фосфорные и калийные удобрения рекомендуется вносить осенью под основную обработку почвы и в рядок при посеве. В качестве основного и припосевного удобрения целесообразно использовать аммофос, сульфаммофос, диаммофоску. Для внесения под основную обработку почвы можно использовать ЖКУ (в рекомендуемой по фосфору дозе). Хорошие результаты дает локальный способ внесения ЖКУ одновременно с севом. Подкормку фосфорными и калийными удобрениями проводят в тех случаях, когда удобрения не были внесены до посева или их было внесено недостаточно, а почвы низко обеспечены подвижными фосфатами. Подкормку проводят культиваторами-растениепитателями.



Рис. 7 – Кукуруза. Абанский район, июнь 2020

Кукуруза очень отзывчива на внесение органических удобрений, поскольку они являются источником элементов питания, которые кукуруза использует значительно лучше, чем зерновые культуры, вследствие высокой потребности в них и длительного периода активной вегетации. При этом важно учитывать, что внесение под кукурузу подстильного или жидкого бесподстильного навоза, а также компостов на его основе, полностью удовлетворяет ее и 2–3 последующие культуры после нее в микроэлементах. Органические удобрения вносят осенью перед основной обработкой почвы в количестве 25–30 т/га. Дозы жидкого навоза обычно в 2 раза выше, чем подстильного, и колеблются в пределах 60–80 т/га. Жидкий навоз, как и подстильный, содержит все необходимые макро- и микроэлементы и при достаточном его внесении может в течение всей вегетации кукурузы полностью обеспечивать ее элементами питания.

Примерные затраты основных элементов питания на создание единицы товарной продукции представлены в таблице 7.

Таблица 7

Примерные затраты основных элементов питания на создание единицы товарной продукции

**На 1 тонну зерна пшеницы требуется:**

- 30-35 кг азота; 10-12 кг фосфора, 20-25 кг калия

**На 1 тонну зерна гороха требуется:**

- 60-70 кг азота; 12-15 кг фосфора, 20-25 кг калия

**На 1 тонну маслосемян рапса требуется:**

- 38 кг азота; 24 кг фосфора, 40 кг калия

**На 1 тонну зерна сои требуется:**

- 73 кг азота; 16 кг фосфора, 37 кг калия

**На 1 тонну клубной картофеля требуется:**

- 5-6 кг азота; 1,5-2 кг фосфора, 7-9 кг калия

**На 1 тонну сена люцерны требуется:**

- 25-30 кг азота; 4-7 кг фосфора, 15-20 кг калия

### 3. ПУТИ СОХРАНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

Интенсификация сельскохозяйственного производства требует бережного отношения к запасам органических веществ в почвах и умения регулировать процессы их накопления и минерализации. *Основными источниками органического вещества и гумуса в почве являются органические удобрения.*

В связи со значительными затратами на транспортировку и внесение традиционных органических удобрений (навоз КРС, свиней и др.) все большую актуальность приобретают менее затратные нетрадиционные органические удобрения (солома, сидераты, вермикомпосты, отходы лигнина, древесная кора, опилки и др.). *В зернотравяных и зернопаровых севооборотах, размещенных на удаленных полях,* поддержание оптимального режима органического вещества рекомендуется за счет следующих агрохимических мероприятий:

использование измельченной соломы с дополнительным внесением доз азотных удобрений;

расширение структуры посевов многолетних трав путем насыщения их бобовыми травосмесями;

применение отходов лесной отрасли (опилки, коры, гидролизного лигнина).

Важным источником оптимизации баланса органического вещества в почве является побочная продукция зерновых сельскохозяйственных культур – **солома**, в одной тонне которой содержится 5 кг азота, 3 кг фосфора, 9 кг калия и все основные микроэлементы (бор, медь, марганец, молибден, цинк, кобальт и др.). На сегодняшний день это один из наиболее доступных способов повышения плодородия почв. Результаты многолетних

исследований, проведенные в течение 22 лет на черноземных почвах лесостепной зоны Зауралья, показали, что запашка соломы зерновых культур с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 30–40 ц/га обеспечивает положительный баланс органического вещества с ежегодным увеличением гумуса в слое 0–40 см на 1,0–1,3 т/га. Между тем запашка соломы зерновых культур без применения минеральных удобрений приводит к ежегодной потере 1,1 тонны гумуса в слое 0–40 см [Еремичев, Ахтямова, 2017]. В многочисленных исследованиях других авторов также отмечается необходимость внесения к каждой тонне соломы зерновых культур от 5 до 15 кг азотных удобрений для ускорения процессов минерализации и гумификации органических веществ в целях повышения ценности соломы как источника гумуса.

Важным источником поддержания запасов органического вещества в пахотных почвах служат **многолетние травы**, и в первую очередь бобовые. Темпы накопления гумусовых соединений зависят от продолжительности использования трав и количества поступающих растительных остатков. Известно, что многолетние травы 2-го года пользования формируют свою корневую систему в течение трех лет. В 1-й год роста под покровом зерновой культуры они образуют небольшую надземную массу, но корневая система развивается активнее, масса корней составляет 20–25 ц/га. В 1-й год пользования масса корней уже достигает 50–55 ц/га. Затем рост корневой системы замедляется, и на 2-й год пользования её масса составляет 65–70 ц/га при урожае сена 35–37 ц/га [Буров, Чуданов, 1965]. Исследованиями кафедры почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, проведенными на черноземах Красноярской лесостепи, показано относительное увеличение на 9 % содержания гумусовых веществ уже в полях люцерны 2-го года пользования [Кураченко, 2019]. Возделывание люцерны способствует повышению концентрации водорастворимого гумуса в течение вегетационного сезона в 2 раза (47 мгС/100 г). При распашке поля с люцерной и использование его в качестве предшественника для пшеницы в пахотном слое остается 60 % фитомассы, что вызывает существенные изменения в составе гумуса и его подвижной части. Они выражаются в относительном увеличении гумусовых веществ на 10 %, водорастворимого гумуса – на 31 % и щелочегидролизующей части – на 21 %. Возделывание и последующая запашка донникового сидерата обеспечивает максимальный уровень содержания гумуса в 0–20 см слое чернозема обыкновенного. Разложение донникового сидерата способствует увеличению подвижных гумусовых веществ до 687 мгС/100 г, что составляет 25 % от гумуса почвы. Увеличение доли подвижных гумусовых веществ, являющихся ближайшим резервом для минерализации, обеспечивает повышение эффективного плодородия почв региона.

В обеспечении равновесного состояния и сохранения почвенного плодородия возрастает роль местных ресурсов: **отходов лесной отрасли (опилки, коры, гидролизного лигнина) и отходов птицеводства – птичьего помета**. При внесении в чернозем выщелоченного вермикомпоста и птичьего помета отмечена тенденция увеличения содержания минеральных форм азота и обменного калия. Под воздействием органических и органоминеральных удобрений в дозах N26P10 + вермикомпост эквивалентно N26 и N26P10 + птичий помет эквивалентно N26 установлено повышение количества углерода гумуса. Применение удобрений в различных дозах и соотношениях улучшило основные показатели агрофизического состояния чернозема выщелоченного.

Их разуплотняющее действие проявилось в год внесения. Отличное структурное состояние сохранялось в течение двух вегетационных сезонов. Наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы получена при применении органических и минеральных удобрений, которые увеличивали урожайность зерна пшеницы на 0,3–0,4 т/га. Значительное влияние на урожайность зерна оказал птичий помет, действие вермикомпоста аналогично влиянию минеральных удобрений.

Исследования, проведенные на темно-серой лесной почве, характеризующейся низким потенциальным и эффективным плодородием, показали, что под действием органических удобрений (вермикомпоста и птичьего помета) в почве прослеживаются тенденции увеличения содержания гумуса, нитратного азота и, как следствие, повышение урожайности зерна пшеницы. Стабильное оптимизирующее действие на сложение и структурно-агрегатное состояние пахотного слоя темно-серой лесной почвы Красноярской лесостепи также выявлено при использовании птичьего помета в дозе, эквивалентной N52, и коропометного компоста в дозе, эквивалентной N26, внесенного в почву совместно с минеральными удобрениями. Они обеспечивали сложение пахотного слоя на уровне 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup> с удовлетворительной оструктуренностью (51 %) и отличной водопрочностью структурных агрегатов (82 %) в течение двух вегетационных сезонов [Ульянова, Кураченко, 2019].

Таким образом, запахивание соломы и пожнивных остатков, расширение в структуре посевов многолетних трав, особенно бобовых с последующей их запашкой, использование вермикомпостов на основе отходов лесной отрасли позволит существенно сократить сроки накопления гумуса в почве, поддержать её потенциальное плодородие, сделать почву более устойчивой к ветровой и водной эрозиям.

#### 4. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ СБЕРЕГАЮЩЕГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Удобрения оказывают первостепенное влияние на продуктивность земледелия. Каждый четвертый житель планеты кормится за счет средств химизации (применения удобрений и средств защиты растений). Поэтому в обозримом будущем альтернативы удобрениям нет.

Основные функции удобрений:

- содержат питательные вещества для растений;
- усиливают мобилизацию питательных элементов в почве;
- повышают энергию жизненных процессов в почве и растениях;
- изменяют свойства почвы.

Сбалансированное многоэлементное питание растений и качество продукции предполагает использование целого комплекса макро- и микроэлементов. Применение даже умеренных доз удобрений (до 40 кг/га) способствует повышению адаптации растений к стрессовым факторам, более эффективному

использованию запасов почвенной влаги и осадков, стабилизирует во времени урожайность полевых культур на достаточно высоком уровне. Оптимизация минерального питания за счет применения удобрений обеспечивает более полное (на 20–40 %) использование природных факторов продуктивности (ФАР, влага), энергоресурсов самой почвы (на 15–50 %), а также повышает окупаемость издержек производства по возделыванию сельскохозяйственных культур. Удобрения являются материальной основой урожая при любых технологиях. Повышая продуктивность как основной, так и побочной продукции, удобрения увеличивают возврат в почву компонентов для минерализации органических остатков (корней, пожнивных остатков и др.), что способствует образованию легкоусвояемых минеральных питательных веществ для растений.

По обобщенным результатам имеющихся научных исследований и практики сельского хозяйства установлено, что эффективность удобрений в условиях Красноярского края зависит от следующих факторов:

- почвенную плодородия (применение удобрений экономически выгоднее на относительно менее плодородных земельных массивах и полях севооборотов);
- влагообеспеченности;
- биологических особенностей сельскохозяйственной культуры;
- типа севооборота;
- уровня культуры земледелия в хозяйстве;
- цен на удобрения и сельскохозяйственную продукцию.

**В почвах края в первом минимуме находится азот, во втором фосфор и третьем калий.** Установлено, что наиболее эффективны азотные удобрения в соотношении N:P:K–4,5:3,5:2. По материалам полевых опытов, проведенных в условиях Сибири, свыше 50 % прибавок урожая сельскохозяйственных культур приходится на азот. При недостатке минерального азота в почве возделываемые культуры во всех зонах хорошо отзываются на внесение азотных удобрений. На каждый внесенный килограмм азота уже в первый год получают 5–10 кг зерна.

Примерно на 2/3 площади пашни края существует необходимость во внесении фосфорных удобрений. Эффективность азотных удобрений на фоне фосфорных значительно выше, особенно при размещении повторных посевов зерновых культур на черноземах. Вместе с тем действие фосфорных удобрений зависит от обеспеченности культур азотом. При низком содержании нитратного азота в почве внесение фосфорных удобрений неэффективно.

Эффективность калийных удобрений зависит от количества калия в почве. Рост урожая пшеницы от этих туков проявляется, как правило, на фоне азотно-фосфорных удобрений. Калийные удобрения являются эффективными при внесении их на легких почвах и под калийлюбивые культуры (картофель, овощи, кормовые корнеплоды, силосные, многолетние травы).

При недостаточном содержании в почве N-N<sub>0</sub>, отличный результат на почвах края достигается по целому ряду культур от применения аммофоса и нитроаммофоса. В условиях дефицита суперфосфата эффективным приемом является смешивание аммофоса, а также нитроаммофоса с аммиачной селитрой или мочевиной и их припосевное внесение высокопроизводительными агрегатами.

Локальный способ применения фосфорных и комплексных удобрений позволяет существенно повысить их эффективность. За счет снижения контакта удобрения с почвой уменьшается химическое поглощение фосфатов, они меньше иммобилизуются микрофлорой, а азот удобрений не вымывается. Кроме того, создается хорошая позиционная доступность удобрений корням



растений и повышается коэффициент их использования. Разбросной способ внесения минеральных удобрений недопустим или ограничен.

Удобрения необходимо рационально, то есть разумно распределить между культурами севооборота с учетом следующих факторов:

- роли предшественника;
- уровня обеспеченности почвы элементами питания;
- биологических особенностей сельскохозяйственных растений и сортов;
- цели возделывания культуры (ее доходности);
- последствия удобрений;
- состава и свойств удобрений.

Существенное влияние на выбор технологии и приемов внесения удобрений оказывают:

- 1) свойства самих удобрений, их физическое состояние (порошок, гранулы), концентрация питательных элементов;
- 2) степень подвижности питательных веществ в удобрениях, их растворимость;
- 3) особенности взаимодействия удобрений с почвой;
- 4) наличие в удобрениях балластных веществ и отношения к ним сельскохозяйственных культур (Cl, SO<sub>4</sub>, Na и т.д.).

### **Особенности и требования к применению основных минеральных удобрений, поступающих в Красноярский край**

#### **Аммонийная селитра – NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>**

**Преимущества:** одно из основных высокоэффективных азотных удобрений под все культуры; отличается высоким содержанием азота (34–34,5 %); имеет хорошие физические свойства (гранулят); очень быстро растворяется, подвижно и легкодоступно даже в холодных условиях; возможность внесения любым способом, в том числе локально.

**Недостатки:** аммоний удобрения может необменно закрепляться почвой; нельзя смешивать с семенами, т.к. обжигает их; нитратная группа легко вымывается; нитраты могут накапливаться в растениях (при избыточном питании).

#### **Особенности и требования к применению аммонийной селитры:**

- заделка на оптимальную глубину;
- ограничение внесения осенью, особенно в зонах достаточного и избыточного увлажнения;
- эффективно внесение локальным способом;
- идеальное удобрение вторых посевов зерновых, в том числе серых хлебов; может вноситься по мерзлоталой почве – по «черепку»;
- эффективно для ранневесенних подкормок многолетних трав и озимых культур;

эффективно в подкормки при междурядной обработке пропашных культур.

В последние годы в ассортименте азотных удобрений появились удобрения на основе аммонийной селитры – **азотно-магниевое удобрение и известково-аммонийная селитра.**

#### **Азотно-магниевое удобрение – (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>+MgCO<sub>3</sub>)**

**Преимущества:** хорошее физическое состояние (гранулят); возможность локального внесения; возможность смешивания с другими туками; практически не обжигает семена; малогигроскопично, дольше хранится;

содержит элемент магний, который усиливает фотосинтез, так как входит в состав хлорофилла; эффективно на почвах легкого гранулометрического состава и на кислых почвах с дефицитом почвенного магния.

**Недостатки:** намного слабее растворим по сравнению с селитрой за счет магния; нежелательно применение на черноземах, которые содержат достаточное количество магния; недопустимо внесение на засоленных и солонцеватых почвах (может провоцировать магниевую солонцеватость).

#### **Известково-аммонийная селитра – (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub>)**

**Преимущества:** хорошее физическое состояние (гранулят); возможность локального внесения; возможность смешивания с другими туками; практически не обжигает семена; малогигроскопично, дольше хранится; содержит известь, которая снижает токсическое действие кислотности почвы на растения, особенно в зоне проростков; эффективно на кислых почвах (дерново-подзолистых, серых лесных).

**Недостатки:** менее растворимо по сравнению с селитрой за счет кальция; нецелесообразно применение на нейтральных и щелочных почвах, в которых достаточно кальция и практически нет водорода, обуславливающего кислотность почв.

#### **Карбамид (мочевина) – CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>**

**Преимущества:** высокое содержание азота (46 %); гранулированное состояние; возможность локального внесения; высокое усвоение азота через ассимиляционный аппарат (устьица листьев); экологически безопасная форма (безнитратная); практически не обжигает семена по сравнению с селитрой.

**Недостатки:** может образовывать токсический для растений биурет (при действии прямых солнечных лучей, если лежит на поверхности почвы); нельзя вносить на поверхность или мелко заделывать; разлагается с образованием и потерей азота (аммиака); растворяется только при температуре почвы выше 5 °С, может подщелачивать почву, даже черноземную, при систематическом внесении.

#### **Особенности и требования к применению мочевины:**

- нельзя вносить по «черепку»;
- необходима заделка на оптимальную глубину;
- необходимо выдерживать концентрацию рабочего раствора (средний безопасный показатель – 6 %);
- внесение локально-ленточно и в рядки;
- нежелательно систематическое внесение на карбонатных почвах;
- идеальна для некорневых подкормок растворами (усваивается через листья);
- эффективна под все культуры, способные накапливать нитраты (картофель, овощи, кормовые корнеплоды);
- эффективна для раннелетних и поздних подкормок многолетних трав и озимых культур.

#### **Сульфат аммония – (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**Преимущества:** относительно дешевый; содержит серу (24 %); содержит аммонийный азот – 21 % (экологически безопасен); частично нитрифицируется с образованием нитратного азота.

**Недостатки:** физиологически кислый, при систематическом внесении сдвигает реакцию почв в кислую сторону (даже черноземов); низкое содержание азота; кристаллическая форма (плохая технологичность); аммоний удобрения необменно закрепляется минералами почвы; на

поверхности почвы разлагается с потерей азота (аммиака), особенно на карбонатных почвах.

**Особенности и требования к применению сульфата аммония:**

идеальное удобрение для культур белкового типа питания, требующих серу (зерновые, зернобобовые, крупяные, бобовые травы);

эффективно под картофель, овощи, кормовые корнеплоды;

нельзя вносить по «черепку», так как аммонийная группа может необменно фиксироваться почвой;

необходима заделка на оптимальную глубину;

малоэффективен при некорневых подкормках;

ограниченное применение на кислых почвах;

применение только вразброс (сплошной метод) с последующей обязательной заделкой.

В настоящее время в крае расширяется применение минеральных удобрений в жидком виде: карбамидно-аммиачная смесь (КАС) и безводный аммиак.

**Карбамидо-аммиачная селитра (КАС) –  $(NH_4NO_3 + CO(NH_2)_2 + H_2O)$  жидкое удобрение**

**Преимущества:** более низкая стоимость единицы действующего вещества по сравнению с твердыми видами азотных удобрений; достаточно высокая концентрация азота (32 %); азот из удобрения и почвы не улетучивается; легкая доступность азота для растений; пролонгированное действие (так как содержит три формы азота – нитратную, аммонийную и амидную); возможность применения на всех типах почв; возможность основного внесения под все культуры; возможность применения для корневых подкормок пропашных и некорневых подкормок зерновых; усиливает синтез белка за счет усвоения через устьица листьев; внесение КАС совмещается с использованием пестицидов в одной баковой смеси; эффективно под зерновые, особенно по плохим азотным предшественникам.

**Недостатки:** требует особых условий хранения, транспортировки и внесения; может кристаллизоваться при низких температурах; внесение только весной или летом; при внутрпочвенном внесении необходима заделка на оптимальную глубину; возможность нитратонакопления в продукции при несоблюдении доз; риск ожогов растений при несоблюдении доз и способов внесения; необходимость специальной техники для внесения.

**Безводный или маловодный аммиак  $(NH_3 + H_2O)$**

**Преимущества:** высокая концентрация азота (более 90 %); отсутствие балластных веществ; легкая доступность растениям; быстрое включение (уже в корнях) в биосинтез протеинов, а затем белка; ускоренный рост вегетативной массы; не приводит к накоплению нитратов в продукции; уничтожает вредителя проволочника.

**Недостатки:** очень летуч, быстро разлагается с потерей аммиака; приводит к локальному загрязнению воздуха; экологически опасен для почвенной биоты (приводит к гибели); вносится только способом «инжектирования» (впрыскивания в почву под давлением); требует строгого соблюдения техники безопасности при хранении и внесении.

**Для внесения безводного аммиака требуется специализированное оборудование: агрегат по внесению и полевые газовые емкости. Работы с аммиаком относятся к категории повышенной опасности, в связи с этим сельскохозяйственным товаропроизводителям рекомендуется обращаться в специализированные компании. Ранее накопленный опыт по применению**

аммиачной воды, а также безводного аммиака свидетельствует о высокой эффективности применения аммиачных удобрений, особенно под силосные культуры, картофель и овощи. В настоящее время обобщенных материалов по эффективности этих удобрений очень мало.

**Эффективность азотных удобрений**

Особенно эффективны азотные удобрения на бедных гумусом почвах. На черноземах они эффективны при внесении на фоне фосфорно-калийных удобрений. В засушливых условиях эффективность азотных удобрений невысокая, они могут вызывать токсикоз растений. При пониженных температурах эффективны нитратные формы азотных удобрений (селитры).

На кислых почвах более эффективны амидные (мочевина) и аммиачные формы (аммиачная вода, безводный аммиак) удобрений. При орошении под все культуры дозы увеличиваются на 30 %, т.к. эффективность их возрастает. При дозе азота свыше 60–90 кг/га следует применять дробно с учетом основных этапов органогенеза растений (50 % в основную обработку, до посева или при посеве, а остальные дозы с учетом вегетации в виде подкормки). О целесообразности подкормок судят по результатам растительной (тканевой) диагностики.

**Для обеспечения эколого-токсикологической безопасности** внесения азотных удобрений и повышения их эффективности необходимо соблюдать следующие условия:

запрещается применять азотные удобрения на сильно кислых почвах (при pH менее 4,5), так как азот не усваивается растениями;

на территории первого пояса зоны санитарной охраны водоемов (прибрежная полоса);

на замерзшей и покрытой снегом почве;

на крутосклонах;

осенью в зонах достаточного и избыточного увлажнения;

превышать дозы выше 150 кг/га (предельнодопустимая доза – ПДД азотных удобрений);

нельзя проводить поздние подкормки картофеля, овощных культур, кормовых корнеплодов (не позднее чем за 30 дней до уборки);

при высоких дозах (более 60 кг/га) и при орошении вносить дробно.

**Приемы регулирования питания азотом:**

правильное соотношение азота с другими макро- и микроэлементами в зависимости от плодородия почвы и биологических требований культуры (особенно К и Мо);

совершенствование методов оптимизации азотного питания сельскохозяйственных культур в процессе всей вегетации растений за счет подкормок; при этом необходимо учитывать прямое действие удобрений как источника питания растений и косвенное, связанное с мобилизацией дополнительного «экстра» азота вследствие активизации процессов минерализации органического вещества почвы;

строгое соблюдение агрономической технологии использования азотных удобрений с учетом доз, форм, сроков и способов внесения;

совершенствование форм азотных удобрений в плане пролонгации их действия (удобрения на основе мочевины) и различные виды капсулированных N-удобрений;

синтез новых видов и форм минеральных удобрений с постепенным переходом питательных веществ удобрений в почвенный раствор в процессе вегетации растений, что важно с экологической точки зрения;

применение комплекса агротехнических приемов, направленных на регулирование процессов мобилизации и иммобилизации азота в почве и в процессе гумификации.

**Минерализация азота почвы при внесении азотных удобрений зависит от ряда факторов:**

степени окультуренности серой лесной и дерново-подзолистой почвы; интенсивности деятельности почвенных микроорганизмов; увеличения положительной деятельности корневой системы удобренных растений;

форм азотного удобрения (аммиачные формы способствуют большему усвоению азота по сравнению с нитратными);

известкования, которое значительно увеличивает мобилизацию и усвоение растениями азота почвы;

навоза, с которым в почву поступает дополнительное количество микрофлоры.

**Однокомпонентные фосфорные удобрения** в нашем крае остро дефицитны. Не поступает **двойной суперфосфат, а фосфоритная мука** не производится, несмотря на большие запасы фосфоритных руд.

**Двойной суперфосфат –  $Ca(H_2PO_4)_2$**

**Преимущества:** высокое содержание действующего вещества (46 %); хорошее физическое состояние (гранулят), малогигроскопичен; хорошая позиционная доступность семенам; хорошая сыпучесть и рассеиваемость; возможность внесения любыми способами, в т.ч. локальными; высокая эффективность послыйного внесения; возможность смешивания с семенами и другими гранулированными удобрениями (даже с азотными); высокая эффективность под все культуры, особенно на фоне азота.

**Недостатки:** на почвах края малоэффективен в чистом виде; необходимо применение по хорошим азотным предшественникам либо вместе с азотными удобрениями; может химически закрепляться в почве, переходить в недоступные растениям формы, особенно при «разбросном» внесении; относительно медленно растворяется в почве; иногда содержит тяжелые металлы и радионуклиды (при нарушении технологии производства удобрения на заводах).

**Фосфоритная мука –  $Ca_3(PO_4)_2$**

**Преимущества:** относительно недорогое удобрение; является источником кальция на кислых почвах; обладает пролонгированным действием.

**Недостатки:** плохие технологические свойства (аморфное пылевидное состояние); низкое содержание фосфора – 18 %; плохая растворимость в чистом виде на нейтральных, тем более щелочных почвах; в чистом виде растворяется только на кислых почвах.

**Требования к применению:**

Фосфоритную муку следует вносить заблаговременно. Лучшие условия для ее разложения в почве достигаются при внесении под глубокую пахоту в достаточно влажный слой. Необходимо тщательное перемешивание с почвой для лучшего растворения. Эффективность фосфоритной муки повышается даже на черноземах при внесении по чистому, занятому пару, пласту многолетних трав за счет образовавшейся при нитрификации азотной кислоты, которая растворяет фосфор удобрения, а также совместно с физиологически кислыми удобрениями (сульфатом аммония и всеми калийными удобрениями).

Фосфоритная мука, внесенная в двойной или тройной дозах, оказывает длительное последствие, которое не ограничивается одной ротацией

севооборота. Этот прием называется «фосфоритованием». При этом фосфоритная мука вносится высокими дозами (1–1,5 т/га). Фосфоритование направлено на повышение плодородия почв, повышение эффективности применения последующих минеральных удобрений и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

**Приемы регулирования питания фосфором**

В условиях Красноярского края эффективность двойного суперфосфата высокая во всех зонах. Она повышается при внесении под культуры, размещенные по хорошим азотным предшественникам (чистому пару, занятому пару, пласту многолетних трав, обороту пласта многолетних трав и др.) или при совместном внесении с азотными удобрениями.

Наиболее эффективным приемом внесения гранулированных фосфорных удобрений на всех почвах является локальный способ (рядковое, ленточное и т.д.), предотвращающий химическое поглощение фосфора, повышающий коэффициент усвоения и доступность его растениями, а также снижающий затраты на внесение.

**Эффективность фосфорных удобрений** на различных почвах проявляется по-разному. Самая высокая эффективность фосфорных удобрений отмечается на черноземах. Это объясняется хорошим обеспечением почвы азотом, а также интенсивным развитием корневой системы растений за счет оптимальных агрофизических свойств. На удобренном фосфором фоне растения на 10–15 % меньше расходуют влаги для создания единицы урожая. На серых лесных почвах действие фосфорных удобрений несколько снижается вследствие худшего обеспечения их азотом и высокой подвижности в них фосфорорганических соединений. На дерново-подзолистых почвах эффективность фосфорных удобрений достаточно высокая, если они применяются в сочетании с другими видами удобрений при выполнении необходимых агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Основной путь поддержания оптимального питания растений фосфором – внесение минеральных и органических удобрений. Однако в этом вопросе существует ряд нерешенных проблем.

1. Низкий коэффициент использования фосфора удобрениями как отдельными культурами, так и в агроценозе.

2. Периодическое внесение высоких доз фосфорных удобрений или «зафосфачивание» почв нарушает баланс других биогенных элементов, особенно микроэлементов, что отрицательно сказывается на питании растений.

3. Наличие в фосфорных удобрениях примесей различных элементов, загрязняющих компоненты природной среды.

4. Иммобилизация фосфора в почве микроорганизмами.

5. Ретроградация фосфора (химическое закрепление и переход в недоступную для растений форму) в результате химического взаимодействия с почвой.

**Основные калийные удобрения – хлористый калий ( $KCl$ ) и сульфат калия ( $K_2SO_4$ )**

**Преимущества концентрированных калийных удобрений:** высокое содержание калия; наличие серы в сульфате калия, который эффективен под серолюбивые культуры (бобовые, зернобобовые, масличные, картофель); возможность локального внесения гранулированных форм и их смешивания со всеми другими гранулированными удобрениями; в больших дозах обладают последствием; более высокая доступность растениям калия из удобрений, чем из почвы.

**Недостатки:** как правило, кристаллическое состояние, плохая технологичность; способность калия из удобрений необменно закрепляться минералами почвы и переходить в недоступное для растений состояние; токсическое влияние хлора в хлористом калии на ряд хлорофобных культур (картофель, гречиха, табак, виноград, некоторые овощи и др.); физиологическая кислотность.

**Требования к внесению калийных удобрений:**

недопустимо оставление на поверхности почвы, особенно при основном внесении;

заделка в непересыхающий слой почвы;

мелкокристаллические формы вносятся только вразброс;

эффективно под калиелюбивые культуры (углеводного типа питания);

нежелательно внесение хлористого калия под культуры, чувствительные к хлору;

эффективно внесение сульфата калия под серолюбивые культуры;

щелочные калийные удобрения (зола  $K_2CO_3$ ) применяются на кислых почвах под все культуры, чувствительные к хлоридам – картофель, гречиха, овощи, табак, виноград, цитрусовые.

**Эффективность калийных удобрений**

Культурные растения по-разному отзываются на калийное питание. Калийлюбивые культуры углеводного типа питания – картофель, кормовые корнеплоды, все овощи, сахарная свекла, кукуруза, подсолнечник. Необходимы калийные удобрения под все технические культуры для повышения прочности клеточных стенок растений, а также под масличные (рапс, рыжик и др.). Требуется соблюдать сбалансированное питание по азоту и калию для овощных культур, кормовых корнеплодов и многолетних трав, т.к. калий усиливает углеводный обмен, приводит к накоплению сахаров. Способствует превращению вредных нитратов в запасные питательные вещества. Для снижения содержания нитратов необходимо вносить под картофель, овощи, кормовые корнеплоды, многолетние травы, балансируя с азотом. Дозы калийных удобрений составляют 40–60 кг/га под зерновые и 60–90 под пропашные. Соотношение N:P:K нужно балансировать (под кормовые 1:0,5:1, под овощные 1:1:2). Для борьбы с полеганием зерновых культур обязательно внесение калийных удобрений по парам. Под озимые культуры и многолетние травы необходимо внесение калийных удобрений для повышения концентрации клеточного сока растений и улучшения условий перезимовки.

**Приемы оптимизации питания растений калием:**

правильное распределение калийных удобрений по природно-экономическим районам с учетом обеспечения почвы подвижными формами калия;

повышение уровня культуры земледелия, окультуренности почв, оптимальное насыщение почвы севооборота другими видами удобрений, т.е. сбалансированное питание сельскохозяйственных культур;

внесение калия в севообороте, прежде всего, под культуры с высокой отзывчивостью на калий и окупаемостью калийных удобрений урожаем (картофель, сахарная свекла, овощи, кормовые корнеплоды, травы и др.); правильный подбор форм калийных удобрений с учетом биологических требований сельскохозяйственных культур;

правильный подбор сроков и способов внесения удобрений;

правильное установление доз калийных удобрений с учетом метеоусловий;

полное обеспечение оптимальными дозами калия в сочетании с другими питательными веществами, особенно на торфяных, вновь освоенных, старопахотных, торфяно-болотных почвах.

калий – элемент менее подвижный, чем азот, но более мобильный, чем фосфор, поэтому требуется периодическое внесение высоких доз калийных удобрений на тяжелых почвах;

Следует помнить, что эффективность калийных удобрений возрастает при внесении их осенью под основную обработку, а также при орошении и осушении.

**Комплексные удобрения (двойные – аммофос, нитроаммофос, нитрофос и тройные – нитроаммофоска, диаммофоска, азофоска, экофоска, тукосмеси и др.)**

**Общие преимущества комплексных удобрений:** высокая концентрация питательных элементов; отсутствие или небольшое количество балластных веществ; меньшие расходы на хранение, перевозку и внесение удобрений (часто эти расходы превышают затраты на приготовление удобрений); содержание в одной грануле нескольких питательных элементов; более равномерное распределение по поверхности почвы; отсутствие или низкое содержание добавочных компонентов (Cl, Na и др.), позволяющее применять эти удобрения в тех условиях, в которых нежелательна повышенная концентрация солей, или при удобрении культур, чувствительных к повышению осмотического давления (лен, огурцы, кукуруза); высокая эффективность удобрений при наличии в общих очагах азотных удобрений, фосфатов и калия; эффективность на всех типах почв, во всех природно-климатических зонах.

**Аммофос –  $NH_4H_2PO_4$**

**Преимущества:** высокое содержание фосфора; отличные физические свойства (гранулят); равномерное внесение; прекрасный компонент для смешивания с другими туками и семенами (не обжигает); возможность локального внесения; заменяет фосфорные удобрения.

**Недостатки:** высокая стоимость удобрения; малая доля азота; несбалансированное соотношение N:P; фосфор удобрений может переходить в химический осадок.

В последние годы в ассортименте края появился новый аммофос, обогащенный серой (**сульфоаммофос**). Большого практического опыта его применения пока не существует. Это удобрение обладает теми же преимуществами и недостатками, что и традиционный аммофос. Однако, присутствие в удобрении серы расширяет возможности его эффективного действия при применении под серолюбивые культуры, а также под зерновые культуры белкового типа питания, для которых сера наряду с азотом и фосфором участвует в синтезе белка. Сера, необходимый элемент, входящий в состав растительных масел, поэтому сульфоаммофос является эффективным удобрением под масличные культуры.

**Азофоска, диаммофоска, нитроаммофоска и другие тройные азотно-фосфорно-калийные комплексные удобрения.**

**Преимущества:** отличаются хорошими технологическими свойствами; имеют гранулированное физическое состояние; суммарное количество питательных веществ около 50 %; сбалансированы по питательным веществам, за исключением диаммофоски; доступность питательных веществ из гранул этих удобрений выше, чем из смеси простых туков; более

равномерное распределение гранул удобрения; их лучшая позиционная доступность семенам; меньшая ретроградация в почве фосфора.

**Недостатки:** преимущественно низкое суммарное содержание элементов питания; необходимость внесения больших весовых норм.

#### **Эффективность комплексных удобрений**

Внесение **двойных комплексных удобрений** (аммофоса и нитроаммофоса) должно осуществляться преимущественно локальным способом. Они эффективны в рядки при посеве семян (в сочетании с дополнительным внесением аммиачной селитры или мочевины). Это идеальные удобрения для первых и вторых зерновых культур, так как в них оптимальное соотношение N:P (могут заменить суперфосфат). Нежелательно и экономически нецелесообразно внесение в подкормки многолетних трав и озимых культур. При внесении под картофель, овощи, кормовые корнеплоды их необходимо сочетать с калийными удобрениями, а при внесении под силосные (кукурузу, подсолнечник) с азотными и калийными удобрениями.

**Тройные комплексные удобрения (азофоска, диаммофоска, нитроаммофоска, тукосмеси и др.)** используются широко как основное удобрение под многие сельскохозяйственные культуры в больших весовых нормах, а также при локальном способе. Особенно они эффективны под картофель, кормовые корнеплоды, овощи, под покровные культуры многолетних трав, под зерновые в рядки по любым предшественникам при использовании высокопроизводительных посевных агрегатов, а также под силосные культуры в сочетании с внесением азотных удобрений в подкормки при междурядных обработках. При выборе удобрений под культуры необходимо учитывать соотношение N:P:K. Тукосмеси с высокой долей калия необходимо вносить под картофель, овощи, кормовые корнеплоды. При более высоком соотношении в тукосмесях N:P их лучше применять под зерновые культуры. Тукосмеси с высокой долей азота и низкой фосфора и калия лучше вносить под силосные культуры, однолетние и многолетние травы.

**По обобщенным результатам имеющихся длительных полевых опытов и практики сельского хозяйства установлены следующие закономерности применения удобрений:**

азотные удобрения максимально воздействуют на урожай;

фосфорные удобрения действуют преимущественно в паре с азотными или по хорошим азотным предшественникам, а также при локальных способах внесения;

калийные удобрения, по данным опытов, не увеличивают урожайность, что требует научной проверки и доказательства;

минеральные системы удобрения повышают экономическую эффективность, но могут снижать плодородие почв;

органические системы применения удобрений снижают экономическую эффективность, но способствуют повышению почвенного плодородия;

в органоминеральных системах экономическая эффективность удобрений ниже, чем в минеральных, но выше, чем в органических.

**Эффективность удобрений в технологиях ресурсосбережения повышают:**

своевременная и качественная обработка почв;

посев, посадка культур в лучшие агротехнические сроки;

правильная норма высева, хороший посевной материал;

подбор предшественника;

севообороты по сравнению с монокультурой;

борьба с сорняками, вредителями, болезнями культур;

заделка удобрений во влажный непересыхающий слой;

обязательное совпадение внесения удобрений с агротехническим приемом;

тщательный уход за растениями в процессе вегетации;

совместное применение органических и минеральных удобрений;

проведение химической мелиорации (известкование, фосфоритование, гипсование).

Анализ результатов исследований в многолетних (20–68 лет) стационарных опытах свидетельствует о том, что в резко континентальных условиях Сибири минеральные и органические удобрения при систематическом применении в умеренных нормах на гектар севооборотной площади способствуют поддержанию агрохимических параметров почв на более высоком уровне в сравнении с неудобренными почвами, что является доказательством сохранения плодородия почв и гарантированной обеспеченности растений элементами питания.

## **5. ИЗВЕСТКОВАНИЕ, ФОСФОРИТОВАНИЕ И ГИПСОВАНИЕ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

**Известкование, фосфоритование и гипсование почв** – это способы химической мелиорации земель, которые состоят в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв.

Согласно данным агрохимической службы края, в отличие от европейской части страны, в условиях Красноярского края **известкование кислых почв** нельзя рассматривать повсеместно как прием коренного улучшения их свойств, поскольку установлено, что кислые почвы закрытой лесостепи и подтайги Красноярского края при хорошо выраженном подзолистом горизонте и низких значениях  $pH_{\text{col}}$  характеризуются высоким и очень высоким содержанием обменных оснований (катионов кальция и магния), высокой степенью насыщенности основаниями (75–80 %), крайне низким содержанием подвижного алюминия и обменного водорода.

Известно, что при  $pH_{\text{col}}$  5,0 и насыщенности почвы основаниями более 80,0 % – необходимость в известковании отсутствует. При  $pH_{\text{col}}$  4,5–5,0 и степени насыщенности 70–80 % – потребность в известковании слабая [Танделов и др., 2003]. Следовательно, агрохимические характеристики кислых почв Красноярского края определяют возможность **возделывания сельскохозяйственных культур без применения известкования.**

**Фосфоритование** целесообразно применять на кислых почвах (сильнокислых, среднекислых и слабокислых) с низким и очень низким содержанием фосфора. В Красноярском крае по результатам агрохимического обследования 318,68 тыс. га кислых почв отвечают данным характеристикам. Большая часть таких почв сосредоточена в зоне закрытой лесостепи и подтайги и в настоящее время в сельскохозяйственном производстве не

используется (Большеулуйский, Бирилюсский, Енисейский, Козульский, Казачинский, Пировский, Тюхтетский муниципальные образования).

Эффективность фосфоритования кислых почв определяется величиной гидролитической кислотности не ниже 2,5 м-экв/100 г почвы и степенью насыщенности основаниями не выше 75–80 %. **Обрабатываемые кислые почвы Красноярского края** характеризуются степенью насыщенности почв основаниями выше 75–80 %, и, следовательно, в настоящее время **в фосфоритовании не нуждаются**.

**Гипсование почв** – это способ химической мелиорации солонцов и солонцеватых почв. В Красноярском крае такие почвы представлены на ограниченной площади 400,0 га и в сельскохозяйственном производстве не используются.

## 6. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

В соответствии с ГОСТ Р 56084–2014 «Глобальная навигационная спутниковая система. Система навигационно-информационного обеспечения координатного земледелия. Термины и определения» **дифференцированное внесение** (в координатном земледелии) – это процесс внесения в почву материалов (семян, удобрений, средств защиты растений) с переменной дозой, рассчитанной на основе анализа плодородия почв и (или) состояния посевов.

Дифференцированное внесение удобрений реализуется в двух режимах: **off-line** (с готовой картой поля) и **on-line** (режим реального времени).

Режим «**off-line**» предусматривает предварительную подготовку **карты-задания**, в которой в системе координат определены (привязаны) дозы удобрения для каждого элементарного участка поля. Готовая карта-задание переносится на **бортовой компьютер** трактора. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, двигаясь по полю, определяет свое местонахождение с помощью **GPS- или ГЛОНАСС-приемника**, считывает с карты-задания дозу удобрения, соответствующую месту нахождения, и посылает сигнал на **контроллер распределителя удобрений**. Контроллер, получив сигнал, выставляет на распределителе удобрений дозу, соответствующую месту нахождения.

Режим «**off-line**» применим как **для основного и предпосевного внесения удобрений** по данным электронной карты агрохимического обследования почв и (или) электронной карты урожайности, и (или) электронной карты электропроводности, так и **для подкормки** по данным электронной карты биомассы растений, содержащей количественные значения нормализованного индекса вегетации сельскохозяйственной культуры (далее – NDVI). **NDVI** – это искусственный безразмерный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (плотности растительности).

В режиме реального времени «**on-line**» доза удобрений определяется во время работы сельскохозяйственной техники при ее движении по полю с учетом **калибровки**. Калибровка – это количественная зависимость дозы удобрения от показаний **сенсорного датчика**, установленного на сельскохозяйственной технике,

выполняющей операцию. Различают оптические, механические, электромагнитные и другие датчики, позволяющие определять основные параметры состояния почв, плотность травостоя, его жизнеспособность, содержание хлорофилла в листьях и биомассу растений. **Бортовой компьютер** сельскохозяйственной техники получает данные от датчика, сравнивает их с записанными в память значениями, полученными во время калибровки, и посылает сигнал на контроллер. В настоящее время режим «**on-line**» применяется преимущественно **для подкормки** вегетирующих культур азотными удобрениями.

Также следует отметить, что в целях корректировки доз удобрений в режиме реального времени применяется **система дистанционного зондирования Земли** (далее – ДЗЗ), с помощью которой осуществляется картирование внутривополевой гетерогенности (неоднородности) почвенного и растительного покрова.

Опыт внедрения дифференцированного внесения удобрений в филиале Агрофизического НИИ в Ленинградской области показал увеличение урожайности пшеницы до 60–70 ц/га, картофеля – до 600–650 ц/га. При этом экономия удобрений и средств защиты растений в среднем за 5 лет составила порядка 35 % [Федоренко и др., 2018].

В Красноярском крае в учебно-опытном хозяйстве «Миндерлинское» сотрудниками ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» совместно с ООО «Красаэроскан» в условиях полевого опыта проведены исследования на черноземе выщелоченном по некорневой подкормке карбамидом посевов ячменя с применением технологий ДЗЗ. Определение неоднородности почвенного плодородия выполняли посредством обследования посевов ячменя в период кущения беспилотным летательным аппаратом (далее – БПЛА) ООО «Красаэроскан». Результаты определения индекса NDVI использовали для расчета доз внесения минеральных азотных удобрений, которые уточнялись посредством применения тканевой диагностики. Индекс NDVI на посевах ячменя на фоне отвальной вспашки отличался более высокими значениями и меньшей неоднородностью распределения по сравнению с аналогичными посевами, размещенными после плоскорезной обработки. Замена плоскорезного рыхления на поверхностную обработку культиватором способствовала снижению пестроты распределения индекса NDVI.

В результате проведенных исследований установлено, что значения индекса NDVI адекватно отражают вариабельность почвенного плодородия на различных фонах основной обработки почвы. Анализ полученной урожайности ячменя свидетельствует о получении прибавки от 0,7 ц/га (вариант без проведения обработки почвы) до 3,9 ц/га (вариант с поверхностной обработкой почвы).

Как отмечалось выше, отдельные элементы координатного (точного) земледелия, в том числе дифференцированного внесения удобрений применяются на территории Красноярского края 4 сельскохозяйственными товаропроизводителями. Наиболее успешно дифференцированное внесение удобрений практикуется индивидуальным предпринимателем, главой крестьянского (фермерского) хозяйства Смирновым В.М. (далее – Смирнов В.М.), который осуществляет внесение удобрений дифференцированно в режиме «**off-line**» под зерновые культуры и рапс по данным электронной карты урожайности, содержащей количественные характеристики показателей урожайности и состояния посевов культур в пределах обследованных полей. Кроме этого, активно используя данные ДЗЗ, с помощью БПЛА и

(или) дрона определяет внутривидовую гетерогенность (неоднородность) почвенного и растительного покрова в режиме реального времени «on-line» для корректировки доз внесения удобрений. У Смирнова В.М. в 2019 году по отдельным полям урожайность рапса составила 56 ц/га, экономия минеральных удобрений и средств химической защиты растений – до 30 процентов.

Таким образом, опыт внедрения технологий IoT, в том числе элементов дифференцированного внесения удобрений на территории Красноярского края, показал себя эффективным. При этом есть ряд проблем, которые ограничивают скорость внедрения IoT и снижают эффективность их применения. Сельскохозяйственные угодья не имеют сплошного покрытия сетями связи, что затрудняет оперативную передачу данных с электронных устройств. Кроме этого, на российском рынке нет комплексных отработанных локализованных ИТ-решений для внедрения, в связи с чем сельскохозяйственные товаропроизводители сталкиваются с трудностями при их адаптации и интеграции между собой.

Но однозначно становится очевидным, что координатное земледелие, в том числе дифференцированное внесение удобрений, – это технологии земледелия XXI века.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аристархов А. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность её применения // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 5. – С. 39–47.
2. Бузов Д.И., Чуданов И.А. Некоторые вопросы плодородия черноземных почв в связи с освоением пропашных севооборотов // Гидрофизика и структура почвы: Сб. тр. Агрофизического НИИ. – Л., 1965. – Вып. 11. – С. 196–204.
3. Гатаулина Г.Г., Долгодворов В.Е., Обьедков М.Г. Технология производства продукции растениеводства. – М.: Колос, 2007. – 528 с.
4. ГОСТ Р 56084–2014. Глобальная навигационная спутниковая система. Система навигационно-информационного обеспечения координатного земледелия. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 7 с.
5. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 году». – Красноярск, 2019.
6. Еремин Д.И., Ахтямова А.А. К вопросу стабилизации гумусного состояния пахотных черноземов за счет запашки соломы зерновых культур // Вестник КрасГАУ. – 2017. № 4. – С. 18–24.
7. Земледелие Западной Сибири / Под ред. А.М. Ситникова. – Омск: ФГОУ ВПО ОмГАУ, 1998. – 304 с.
8. Информационно-аналитические материалы к круглому столу, организованному Комитетом Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию, на тему «О мерах по обеспечению плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 27.02.2020.
9. Кураченко Н.Л. Гумусовые вещества в формировании агрофизических свойств почв Красноярской лесостепи. – Красноярск, 2019. – 143 с.
10. Максимова Е. Precision farming для российских аграриев // Агроинвестор. – 2017. – № 7.
11. Решение Комитета по аграрным вопросам от 10.10.2019 № 896 «Об утверждении рекомендаций выездного заседания на тему «Законодательные аспекты рационального использования и охраны земель сельскохозяйственного назначения».
12. Сентябрьев А.А. Лён масличный – культура больших возможностей // Земледелие. – 2010. – № 8. – С. 27–28.
13. Ульянова О.А., Белоусова Е.Н. Система применения удобрений. – Красноярск: КрасГАУ, 2017. – 124 с.
14. Ульянова О.А., Кураченко Н.Л. Эколого-агрохимические основы повышения плодородия почв Красноярской лесостепи. – Красноярск, 2019. – 150 с.
15. Федоренко В.Ф., Черноиванов В.И., Гольяпин В.Я. и др. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 232 с.
16. Хлыстун В.Н. Развитие земельных отношений в агропромышленном комплексе // Вестник Российской Академии Наук. – 2019. – № 7. – С. 669–677.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Группировка почв по содержанию гумуса

№ группы	Класс по содержанию	цвет раскраски	Содержание по Тюрицу, %	Оценка плодородия
1	очень низкое	жёлтый	менее 2,0	низкое
2	низкое	салатовый	2,1–4,0	
3	среднее	светло-зелёный	4,1–6,0	среднее
4	повышенное	зелёный	6,1–8,0	
5	высокое	зелёно-коричневый	8,1–10,0	высокое
6	очень высокое	коричневый	более 10,1	

### Оценка эффективного плодородия по содержанию подвижного фосфора

№ группы	Класс по содержанию	По методу			Оценка плодородия	Потребность в удобрениях
		Кирсанова	Чирикова	Мачигина		
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> мг/кг почвы</b>						
1	очень низкое	менее 50,0	менее 25,0	менее 10,0	низкое	высокая
2	низкое	50,1–100,0	25,1–50,0	10,1–15,0		
3	среднее	100,1–150,0	50,1–100,0	15,1–30,0	среднее	средняя
4	повышенное	150,1–200,0	100,1–150,0	30,1–45,0		
5	высокое	200,1–250,0	150,1–200,0	45,1–60,0	высокое	низкая
6	очень высокое	более 250,1	более 200,1	более 60,1		

### Оценка эффективного плодородия по содержанию подвижного калия

№ группы	Класс по содержанию	По методу			Оценка плодородия	Потребность в удобрениях
		Кирсанова	Чирикова	Мачигина		
<b>K<sub>2</sub>O мг/кг почвы</b>						
1	очень низкое	менее 50,0	менее 50,0	менее 100,0	низкое	высокая
2	низкое	50,1–100,0	50,1–70,0	100,1–200,0		
3	среднее	100,1–150,0	70,1–90,0	200,1–300,0	среднее	средняя
4	повышенное	150,1–200,0	90,1–110,0	300,1–400,0		
5	высокое	200,1–300,0	110,1–150,0	400,1–600,0	высокое	низкая
6	очень высокое	более 300,1	более 150,1	более 600,1		

### Оценка плодородия по реакции почвенного раствора

№ группы	Реакция почвенного раствора	pH солевое	Оценка плодородия
1	очень сильноокислая	менее 4,0	низкое
2	сильнокислая	4,1–4,5	
3	среднекислая	4,6–5,0	
4	слабокислая	5,1–5,5	среднее
5	близкая к нейтральной	5,6–6,0	высокое
6	нейтральная	6,1–7,0	
7	слабощелочная	7,1–8,0	

### Группировка почв по содержанию подвижной (сульфатной) серы (1M KCl)

№ группы	Цвет раскраски	Содержание элемента	Содержание подвижной серы, мг/кг почвы
1	жёлтый	низкое	менее 6,0
2	тёмно-жёлтый	среднее	6,1–12,0
3	коричневый	высокое	более 12,0

### Группировка почв по подвижным микроэлементам

Элемент	Метод	низкое	среднее	высокое
		мг/кг		
Бор	По Бергеру и Труогу	менее 0,33	0,34–0,70	более 0,70
Кобальт	По Крупскому и Александровой	менее 0,15	0,15–0,30	более 0,30
Медь	По Крупскому и Александровой	менее 0,20	0,20–0,50	более 0,50
Цинк	По Крупскому и Александровой	менее 2,00	2,10–5,00	более 5,10
Марганец	По Крупскому и Александровой	менее 10,00	10,00–20,00	более 20,00



**ПУТИ СОХРАНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

Технический редактор: В.Н. Васильева  
Корректор: О.С. Говорухина  
Оператор: Н.С. Орлов

Подписано в печать 05.10.2020.  
Формат 60x84/16. Гарнитура Times New Roman.  
Уч.-изд. 2,27 л. Усл.-печ. 2,76 л. Заказ № 2702.6. Тираж 250.

Отпечатано в типографии ООО «Принт».  
426035, г. Ижевск, ул. Тимирязева, 5.