

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКЕ
АЗОТНОГО ПИТАНИЯ
ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР И ПРИМЕНЕНИЮ
АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
В СИБИРСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**



Москва 2018

«ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» –

ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ, УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!



Ежемесячный полноцветный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2019 г. с доставкой по Российской Федерации – 8316 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9480 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475/КПП 503801001

ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486Х71280,
р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000
В назначении платежа указать код КБК (000 0000 0000000 000 440), ОКМО 46647158.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60,
Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».
Справки по телефонам: (495), 993-44-04, (496) 531-19-92;
E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКЕ
АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР
И ПРИМЕНЕНИЮ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
В СИБИРСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

Москва
2018

УДК 631.811:633.1
ББК 40.40
П69

Автор:

Г.П. Гамзиков, д-р биол. наук, проф., акад. РАН

Рецензенты:

В. М. Красницкий, д-р с.-х. наук, проф.,
директор (ФГБУ «ЦАС «Омский»);

И.Я. Маслова, д-р биол. наук., вед. науч. сотр. лаборатории агрохимии
Института почвоведения и агрохимии СО РАН;

С.А. Шафран, д-р с.-х. наук, зав. лабораторией
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»).

Ответственные за выпуск:

С.Б. Говоркова – консультант отдела химизации и защиты растений
Депрастениеводства, Минсельхоза России;

Е.М. Купреев – зам. директора Депрастениеводства Минсельхоза России

П69 **Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии:** производственно-практ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 48 с.

ISBN 978-5-7367-1456-8

В современной агрохимической науке наиболее сложной и недостаточно решённой проблемой в системе агроценозов является диагностика азотного питания сельскохозяйственных культур. Полувековые исследования сибирской школы агрохимиков, результаты которых представлены в обобщённом виде, свидетельствуют, о том что в настоящее время эта проблема решена, апробирована и заслуживает широкого применения в земледелии региона.

Рекомендации предназначены для работников агрохимслужбы, товаропроизводителей, специалистов (агрономы, агрохимики, экологи и др.) и научных работников. Могут применяться в учебном процессе при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов.

Рассмотрены и одобрены на секции земледелия и растениеводства Научно-технического совета Минсельхоза России (протокол № 9 от 19 апреля 2018 г.).

УДК 631.811:633.1
ББК 40.40

ISBN 978-5-7367-1456-8

© Минсельхоз России, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Прогноз обеспеченности полевых культур азотом является наиболее сложным, поскольку в отличие от почвенной диагностики фосфорного и калийного питания по азоту невозможно в силу высокой мобильности его минеральных соединений составлять долгосрочные агрохимические картограммы. В течение теплого периода года обеспеченность растений доступными соединениями азота многократно меняется в зависимости от запасов органических азотсодержащих веществ, способных к разложению, скорости и направленности процессов минерализации и иммобилизации, интенсивности потребления и выноса элемента растениями. Поэтому многочисленные попытки прогнозировать обеспеченность азотом по содержанию гумуса, общего азота, мобильных органических соединений, а также по нитрификационной способности не дали положительных результатов [Кочергин, Гамзиков, 1972; Никитишен, 1977, Гамзиков, 1981, 2013; Черепанов, 1985; Хавкин, 1987; Шафран, 1996 и др.].

В полевых условиях направленность и интенсивность процессов минерализации и иммобилизации азота зависят от температуры и влажности почвы, а следовательно, от погоды, которая прогнозируется весьма неточно в долгосрочном режиме. Анализ материалов исследований по диагностике азотного питания, полученных в разных географических точках, свидетельствует: чем длительнее период положительных температур в годовом цикле, тем сложнее диагностировать обеспеченность растений почвенным азотом.

На каждой территории существуют свои провинциальные особенности режима процессов минерализации, накопления доступных соединений азота и их использования растениями. К настоящему времени имеется достаточно большой багаж знаний, позволяющий дать объективную оценку формам азота и возможностям их использования в диагностических целях в агроценозах каждой почвенно-климатической зоны Сибири [Кочергин, 1956, 1965; Орлова, 1970; Кочергин, Гамзиков, 1972; Гамзиков, 1981, 2013; Ермохин, 1995 и др.].

При изучении минерального азота в чернозёмах Омского Прииртышья А.Е. Кочергиным [1956, 1965] были определены особенности режима нитратов и обменного аммония в почвах под культурами

севооборота в зависимости от агротехнических факторов (предшественники, способы обработки почв, внесения удобрений и др.). Позднее ученый пришёл к заключению, что в сибирских условиях основной формой азота, используемой растениями, являются нитраты. Уровень их содержания перед посевом культуры, как правило, определяет величину будущего урожая полевых культур. В 1972 г. А.Е. Кочергиным и Г.П. Гамзиковым на основании статистической обработки взаимосвязей между содержанием $N-NO_3$ в слое 0-40 см и прибавками урожая зерновых культур от внесения азотных удобрений в полевых опытах доказана возможность использования этой формы азота в качестве диагностического показателя. В работе сформулированы основные методологические подходы по диагностике обеспеченности чернозёмов нитратным азотом и прогнозу потребности зерновых культур в азотных удобрениях, предложены градации для определения уровней обеспеченности растений доступным азотом.

В дальнейшем их учениками и последователями на территории Западной [Чуканов, 1971, Кочегарова, 1976; Кондратьева, 1978 и др.] и Восточной [Кудеяров, 1965; Бугаков, 1971; Крупкин, 1982; Пигарева, 1999 и др.] Сибири были территориально широко изучены особенности режима минеральных и подвижных форм азота не только в чернозёмах, но и в других типах почв. Этими работами подтверждена главенствующая роль нитратного азота в питании растений, выявлены тесные взаимосвязи между его содержанием перед посевом и отзывчивостью культур на внесение азотных удобрений. Позже обобщение и анализ результатов многолетних исследований по эффективности азотных удобрений, внесённых под полевые культуры [Гамзиков, 1981], позволили подготовить «Рекомендации по диагностике азотного питания полевых культур и применения азотных удобрений в Сибири» [1983], которые были освоены агрохимической службой (зональные агрохимлаборатории, центры агрохимического обслуживания, проектно-изыскательские станции химизации, их филиалы) и длительное время служили методическим руководством в практической работе при обследовании обеспеченности почв доступным азотом и определению потребности зерновых и других культур в азотных удобрениях. В настоящее время эти работы проводятся, к сожалению, не везде, несмотря на их востребованность многими товаропроизводителями.

За последние 30 лет дополнительно проведены исследования, разработаны новые подходы к методике диагностики азотного питания растений, учтены новые ресурсосберегающие технологии возделывания культур, усовершенствованы методики определения нитратного азота [Гамзиков, 2013, 2014], что определило необходимость подготовки нового варианта методического руководства. В этой связи цель настоящей работы состояла в разработке на основе использования новейших достижений агрохимической науки новых рекомендаций по методике агрохимического обследования почв на содержание нитратного азота и эффективного прогноза потребности растений в азотных удобрениях.

Системные исследования по проблеме азотного питания полевых культур при возделывании на сибирских почвах проводились под руководством автора в Сибирском НИИСХ (г. Омск, 1969-1979 гг.), Институте почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, 1979-1988 гг.), Алтайском НИИ земледелия и селекции (г. Барнаул, 1988-1997 гг.), Новосибирском ГАУ (г. Новосибирск, 1997-2018 гг.).

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В АГРОЦЕНОЗАХ

1.1. Почвенно-агрохимическое районирование региона

Многолетними исследованиями установлено, что среди основных факторов, от которых зависят процессы накопления нитратов в агроценозах, являются климатические условия и агрохимические особенности почв (табл. 1). В пашне южной подтайги преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы с небольшими запасами гумуса, общего азота и мобильных органических веществ. Короткий тёплый период, недостаток тепла и переувлажнение, малое поступление свежего органического вещества не способствуют накоплению значительных количеств нитратного азота в этих почвах (максимальный уровень накопления нитратного азота – до 30-50 кг/га).

Таблица 1

**Почвенно-климатические условия Сибири
и азотный режим в почвах**

Показатели	Подтайга	Лесостепь	Умеренно-засушливая степь	Сухая степь
<i>Гидротермические условия</i>				
Осадки, мм:				
за год	375-400	250-400	250-300	220-250
за тёплый период	300	200-300	175-200	150-175
Сумма $t^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400
ГТК	1,3-1,4	1-1,3	1,0	0,5-1,0
<i>Климат почв</i>				
Дата перехода t через 10° на глубине 20 см	31.05-2.06	25-31.05	25-28.05	20-25.05
Средняя t° на глубине 20 см за тёплый период	5-12	10-18	18-20	20-22

Продолжение табл. 1

Показатели	Подтайга	Лесостепь	Умеренно-засушливая степь	Сухая степь
Коэффициент увлажнения биологического урожая	< 1,3	< 1,2	< 1,0	< 0,8
<i>Почвенный покров пашни</i>				
Преобладающие почвы	Дерново-подзолистые, светло-серые и серые лесные	Чернозёмы оподзоленные, выщелоченные, тёмно-серые лесные и лугово-чернозёмные	Чернозёмы обыкновенные и южные	Каштановые
Содержание гумуса в $A_{п.}$, %	1,5-5	5-11	4-9	1-4,5
Запас в слое 0-50 см, т/га	100-150	150-450	150-300	100-160
<i>Агрохимия азота почв</i>				
Общий азот в $A_{паш.}$, %	0,07-0,30	0,20-0,60	0,15-0,40	0,07-0,20
Запасы N: 0-50 см, т/га	5-9	12-22	10-17	5-10
Предпосевные запасы $N-NO_3$, слой 0-40 см, кг/га:				
пар	40-80	120-210	80-140	30-60
зерновые	8-30	40-80	20-50	10-40
Обеспеченность культур доступным азотом за счёт почвы, % посевов	15-20	40-60	30-50	15-25

В лесостепной природной зоне расположена основная часть посевов полевых культур. Здесь наиболее плодородные почвы (серые и тёмно-серые лесные, чернозёмы оподзоленные и выщелоченные, а также лугово-чернозёмные) с достаточно высоким содержанием гумуса и общего азота.

Наиболее высокая продуктивность полевых культур в этой почвенно-климатической зоне даёт возможность накапливать в почвах значительное количество органических остатков для последующей минерализации. Температурный режим, увлажнение и продолжительность тёплого периода благоприятствуют образованию доступных форм азота для растений. В паровых полях количество нитратного азота в наиболее плодородных почвах может накапливаться до 200 кг/га и более. Причем этот азот может служить источником питания не только для первой, но и для одной-двух последующих культур севооборота.

В умеренно-засушливой степи климатические и погодные условия существенно жёстче в сравнении с лесостепью, поскольку здесь выпадает меньше осадков, выше температурный режим, часты засухи. Кроме этого, преобладающие почвы (чернозёмы обыкновенные и южные) менее обеспечены органическим веществом и при более жёстком температурном и водном режиме сухой степи меньше накапливают нитратов. В малогумусных каштановых почвах, даже в паровом поле накопленного минерального азота так же, как и в дерново-подзолистых, часто не хватает для нормального питания растений.

В целом следует отметить, что при современном абсолютно недостаточном уровне применения азотных удобрений обеспеченность почв доступным азотом за счет ресурсов минерализации при экстенсивной и ординарной (обычной) системах земледелия, принятых в большинстве хозяйств, занимающихся полеводством, крайне низкая. Доля посевов, достаточно обеспеченных природными запасами нитратного азота, в подтайге и северной лесостепи степи составляет лишь 15-20%, в сухой степи – 30-50 и в лесостепи – 40-60%. В этой связи около 50% всех посевов зерновых, технических и кормовых культур в регионе ежегодно испытывают голодание по азоту, а следовательно, не дают полноценного сбора урожая. Единственная возможность исправить положение в растениеводстве – применение азотсодержащих органических и промышленных минеральных удобрений, достаточное для питания растений.

1.2. Объекты и методы проведения исследований

Научная работа по диагностике азотного питания полевых культур автором и его научной школой проводилась параллельно с другими направлениями исследований на протяжении последних 50 лет.

Комплексный системный подход исследований проблемы азота в земледелии Сибири позволил провести изучение одного из важнейших её направлений – диагностики азотного питания в системе растение-почва-удобрение [Гамзиков, 2014]. Многолетние наблюдения за динамикой содержания минеральных и подвижных форм азота (в зависимости от предшественника, культуры, удобрений, погодных условий и других факторов), полевые опыты с удобрениями проведены на стационарных участках в основных почвенно-климатических зонах региона. Все режимные наблюдения и полевые опыты, как правило, повторялись во времени и пространстве в течение многих лет. Разные погодные условия, сложившиеся в годы исследований, позволили оценить особенности влияния гидротермических факторов на азотный режим почв и эффективность удобрений.

Режимные наблюдения за минеральными и подвижными формами в полевых опытах проводили в течение лета, отбирая почвенные образцы по фазам вегетации растений. Для оценки методов диагностики азотного питания образцы почв отбирали перед посевом культур до глубины 100 см через каждые 20 см. Минеральный азот определяли в свежих, остальные формы – в воздушно-сухих образцах. Сравнительные определения нитратов и аммония в свежих и сухих образцах показали хорошую сходимость результатов анализов между ними, что позволило рекомендовать осенний отбор образцов с последующим аналитическим определением нитратов зимой.

Полевые опыты с целью выявления отзывчивости культур на азотные удобрения в зависимости от предшествующей культуры и содержания подвижного азота закладывали в полях севооборотов. Размер учётной делянки – 20-240 м², повторность – 3-4-кратная.

Анализы почвенных образцов проводили рекомендованными методами [Агрохимические методы..., 1975]. Гумус определяли по Тюрину, общий азот – по Кьельдалю-Йодльбауеру, нитраты анализировали по Грандваль-Ляжу, обменный аммоний – по Кудеярову, солерастворимый азот – по Кёнигу и Хазенбюмеру, кислотного гидролизующий – по Тюрину и Кононовой, щелочногидролизующий – по Корн-

филду. Завершающий этап определения нитратов проводили колориметрически и ионоселективным электродом. Экспериментально установлено, что оба метода позволяют получать доказуемо сопоставимые результаты и могут широко использоваться в практике.

Статистическая обработка экспериментальных данных полевых опытов проведена методом дисперсионного анализа, вариационно-статистический анализ изменчивости агрохимических свойств и зависимости между отдельными признаками – в соответствии с общепринятыми методиками [Дмитриев, 1972; Доспехов, 1973].

Обобщение работ по изучению режима соединений азота в почвах региона, эффективности азотных удобрений, зависимостей минеральных и подвижных соединений проведено с привлечением материалов автора этих рекомендаций, его аспирантов, докторантов и соискателей, а также публикаций коллег, работавших по данной проблеме в Западной и Восточной Сибири и в сопредельных регионах. Все публикации, используемые при обобщении, приведены в списке литературы монографии [Гамзиков, 2013].

1.3. Сравнительная оценка методов диагностики азотного питания растений

Среди химических методов почвенной диагностики азотного питания сельскохозяйственных растений принято выделять три группы соединений почвенного азота: органические (общие гумус и азот, лабильное органическое вещество), подвижные (гидролизующиеся в кислотных и щелочных растворах, а также извлекаемые солевыми вытяжками) и минеральные (азот нитратов, нитритов и аммония) формы.

Первая группа методов при анализе высокогумусированных почв (чернозёмы, темно-серые лесные и лугово-чернозёмные почвы) слабо отражает различия в обеспеченности азотом в зависимости от предшественников в севообороте, удобренности и обработки почвы. В состав подвижных форм суммарно входят минеральные соединения и в зависимости от используемого экстрагента та или иная часть органических подвижных соединений, устойчивых к минерализации. Об этом можно судить по соотношению между минеральной и органической фракциями азота в составе извлекаемых вытяжек: в солерастворимой оно составляет 2-2,5, в кислотного гидролизующей – 3-3,5, в щелочногидролизующей – 4-7, в окисляющей – 10-15. При этом чем уже

соотношение между ними, тем больше доступного азота для растений извлекается вытяжкой.

Результаты полевых опытов с зерновыми культурами показали, что из всех форм почвенного азота только нитраты и соединения, переходящие в 1%-ную вытяжку K_2SO_4 (солерастворимый N), убедительно свидетельствуют об уровне обеспеченности растений доступным азотом (табл. 2). Это подтверждается уровнями прибавок зерна от азотных удобрений всех зерновых культур и обратной их функциональной зависимостью от количества нитратного ($r = 0,69 - 0,82$) и солерастворимого ($r = 0,67 - 0,85$) азота в почве. Величины содержания обменного аммония и всех гидролизуемых форм азота не удовлетворяют требованиям диагностики, поскольку эти методы не отражают обеспеченность растений доступным азотом и слабо улавливают различия в его содержании в зависимости от агротехнических факторов.

Таблица 2

Корреляционная зависимость между исходным содержанием форм азота в чернозёмах перед посевом и прибавкой зерна от азотных удобрений

Форма азота	Пшеница, n=32	Ячмень, n=12	Овёс, n=7
Нитратный	- 0,74±0,22	- 0,82±0,18	- 0,69±0,32
Аммонийный обменный	- 0,39±0,17	- 0,26±0,30	- 0,53±0,38
Сумма минерального	- 0,66±0,14	- 0,57±0,26	- 0,65±0,34
Солерастворимый	- 0,67±0,14	- 0,79±0,19	- 0,85±0,24
Кислотногидролизуемый	- 0,47±0,16	- 0,48±0,28	- 0,25±0,43
Щёлочногидролизуемый	- 0,24±0,18	- 0,45±0,28	- 0,26±0,43
Окисляемый	- 0,42±0,17	- 0,29±0,30	- 0,66±0,34

Результаты многочисленных полевых опытов на территории Западно-Сибирской низменности, по оценке методов диагностики азотного питания растений, свидетельствуют о достаточно высокой обратной связи между количеством нитратного азота в почвах перед посевом и прибавкой урожая яровой пшеницы от применения азотного удобрения (рис. 1). Устойчивый прирост сбора зерна при внесении азотных удобрений наблюдался при содержании $N-NO_3$ в почве перед посевом – менее 10 мг/кг, при 10-15 эффективность азотных удобрений снижалась, при 15 мг/кг и выше положительное влияние не проявлялось или отмечалось снижение урожая.

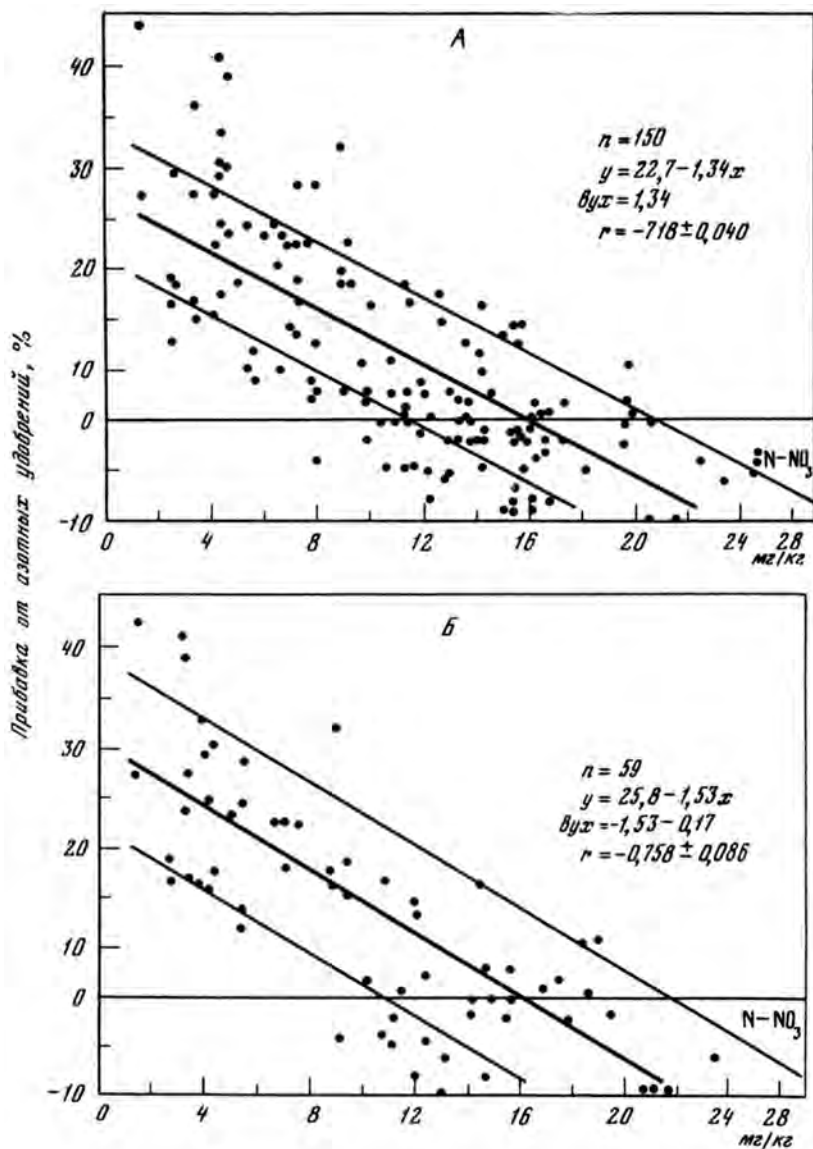


Рис. 1. Отзывчивость пшеницы на азотные удобрения в зависимости от содержания нитратного азота в пахотных почвах:
 А – Западно-Сибирская низменность; Б – Омское Припиртье

Установленные особенности не являются частным случаем, так как подчиняются общим закономерностям отзывчивости растений полевых культур на азотные удобрения в зависимости от обеспеченности почвы доступным азотом в форме нитратов. Подтверждением этого служат материалы обобщения большого числа полевых опытов на разных типах зональных (дерново-подзолистые, серые лесные, чернозёмы, каштановые) и интразональных (лугово-чернозёмные) почв на территории Западной Сибири, [Кочегарова, 1976; Кондратьева, 1978; Гамзиков, 1981, 2000, 2013; Ермохин, 1995; Красницкий, 2002] и Восточной [Крупкин, 1982; Пигарева, 1999, 2003; Лапухин, 2000; Мальцев, 2001], а также Поволжья [Чуб, 1989] и Северного Казахстана [Черненко, 1993]. Большой массив результатов полевых опытов, проведённых при разных погодных условиях, подтверждает статистически значимую зависимость между содержанием нитратов в почве перед посевом и прибавкой зерна от внесения азотных удобрений. Многолетние проверки прогноза обеспеченности полевых культур по нитратному азоту и их потребности в азотных удобрениях подтверждают высокую оправдываемость предлагаемого метода при агрохимическом обследовании почв в разных географических точках сибирского региона [Шафран, 1996, 2000; Красницкий, 2002 и др.].

1.4. Особенности режима соединений минерального азота в почвах

В Сибири из-за короткого периода положительных температур и недостаточного увлажнения, несмотря на высокую биологическую активность почв, накопление минеральных соединений азота на большей части пахотных угодий невысокое. Основным источником минеральных азотистых соединений в почвах служит органическое вещество неспецифической природы (пожнивные и корневые остатки, биомасса отмерших микроорганизмов животного мира, органические удобрения и др.). В процессе его разложения и последующей минерализации азотистые соединения накапливаются в виде аммония, который в результате нитрификации преобразуется в нитраты. Следовательно, подвижные формы минерального азота в почвах, которые доступны для питания растений, представлены в основном обильным аммонием и нитратами. Суммарное максимальное содержание этих соединений в почвах обычно не превышает 1-1,5% общего

азота, и тем не менее от их накопления зависит уровень продуктивности полевых культур. Для каждой формы минерального азота характерен свой режим поведения в почвах.

Аммонийный азот слабо мобилен в почве, поскольку вовлекается в обменные процессы с почвенным поглощающим комплексом [Славнина, 1978; Гамзиков, 1981]. Независимо от типа почв динамика содержания этой формы азота довольно монотонна: наибольшее количество наблюдается весной, снижается летом и вновь возрастает осенью. Предшественник, возделываемая культура и обработка почвы слабо влияют на накопление обменного аммония. Азотсодержащие органические и минеральные удобрения временно повышают его количество в почве, но в последующем внесённый аммоний быстро нитрифицируется до конечного продукта – нитратов. На режим аммонийных соединений в почве существенно влияют гидротермические условия: при избыточном или недостаточном увлажнении и холодной погоде количество их, как правило, возрастает.

Нитратная форма азота образуется в процессе нитрификации аммонийного азота. Промежуточная форма азота в процессе нитрификации аммония – *нитриты* – быстро окисляется до нитратов и практически не накапливается в почве. Нитратный азот в отличие от аммонийного обладает высокой подвижностью, так как хорошо растворим в почве. Его накопление обусловливается активностью процессов нитрификации и интенсивностью потребления растениями в период вегетации. Многолетние наблюдения за режимом нитратного азота в почвах Сибири [Кочергин, 1965; Бугаков, 1971; Гамзиков, 1981; Крупкин, 1982; Ермохин, 1995 и др.] позволили установить основные закономерности накопления и разработать приёмы регулирования его содержания. Накопление нитратного азота в почвах как продукта метаболизма микроорганизмов определяется уровнем их плодородия, запасами свежего органического вещества, погодными условиями и агротехническими приемами.

В связи с особенностями мерзлотного и водного режимов сибирских почв максимальная активность биологических процессов наблюдается в верхней части почвенного профиля. В агроценозах наиболее интенсивное накопление продуктов минерализации происходит в верхних слоях почвы – в пахотном и подпахотном. Общие особенности накопления и распределения нитратного азота таковы, что 2/3 его количества от запасов в метровом слое сезонно-

мерзлотных почв находятся в верхнем полуметре, в мерзлотных почвах – в пахотном слое. В зависимости от условий увлажнения нитраты с почвенным раствором могут перемещаться вниз и вверх по почвенному профилю в пределах верхней полуметровой и нередко метровой толщи. При этом они остаются в зоне доступности корневой системы растений и хорошо используются культурами, что подтверждают опыты с ^{15}N [Гамзиков, 1981; Мальцев, 2001; Будажапов, 2009]. В отдельные годы при избыточном выпадении осадков (один раз в 10-15 лет) в паровых полях или под растениями при внесении высоких норм удобрений ($>150 \text{ кг/га N}$) нитраты могут мигрировать за пределы метрового слоя и глубже. Большая их часть с восходящим током влаги возвращается в верхние слои почвы и в последующем используется растениями. Небольшая доля при глубоком их промывании в редкие годы и разрыве капиллярной каймы образует «карманы» повышенных концентраций N-NO_3 на глубине 2-3 м от поверхности почвы.

На всех почвах и во всех зонах региона чётко прослеживается количественная зависимость накопления нитратного азота от предшественника в севообороте. Наиболее активно процессы нитрификации протекают в паровом поле, где в течение теплого периода под влиянием естественного увлажнения и периодических механических обработок создаются благоприятные условия для минерализации накопленных за севооборот неспецифических органических веществ. В чернозёмах, тёмно-серых лесных, тёмно-каштановых и лугово-чернозёмных почвах в полуметровом слое парового поля в течение лета может накапливаться до 120-210 кг нитратного азота на 1 га пашни (табл. 3). Следовательно, на почвах с высоким потенциальным плодородием при посеве по пару, даже при интенсивных технологиях возделывания полевых культур, необходимости в применении азотных удобрений не возникает.

Значение парового поля как накопителя нитратов снижается на почвах при недостаточном содержании свежего органического вещества. Несмотря на то, что в результате парования в каштановых, светло-каштановых, светло-серых лесных и дерново-подзолистых почвах содержание нитратного азота всегда выше, чем на других полях севооборота, тем не менее, его часто не хватает для формирования полноценного урожая. Поэтому на этих почвах под культуры, высеваемые даже по пару, часто нужно вносить азотные удобрения.

Таблица 3

**Накопление нитратного азота в почвах в зависимости
от предшественников в севообороте**

Почвы	Запасы N-NO ₃ в слое 0-40 см, кг/га		
	пар	пропашные	зерновые
Дерново-подзолистые, светло-серые лесные	40-80	20-50	8-30
Тёмно-серые лесные, чернозёмы выщелоченные и оподзоленные, лугово-чернозёмные	120-210	70-130	30-80
Чернозёмы обыкновенные и южные, тёмно-каштановые, серые лесные	80-140	50-90	20-50
Каштановые и светло-каштановые	30-60	20-70	10-40

Основная обработка почвы также оказывает существенное влияние в накоплении нитратного азота (табл. 4). Систематические поверхностные и безотвальные обработки в сравнении со вспашкой приводят к снижению количества этой формы азота в замыкающих полях севооборотов (в 1,4-1,7 раза). Ранняя зябь способствует более интенсивному прохождению процессов минерализации, следовательно, и повышению запасов доступного азота в почвах. Обычно после уборки зернобобовых и однолетних трав ранняя зябь (июль-август) позволяет накопить достаточное количество нитратов для обеспечения азотом последующей культуры севооборота.

Таблица 4

**Влияние предшественников в севообороте и способов
основной обработки на накопление нитратного азота
в чернозёме выщелоченном**

Обработка почвы	N-NO ₃ в слое 0-40 см, кг/га					
	пар	пшеница	пшеница	кукуруза	пшеница	ячмень
Отвальная	114,2	72,9	62,9	72,0	56,6	27,8
Плоскорезная	77,8	41,3	30,7	40,8	24,5	24,5
Минимальная	70,1	40,8	41,2	33,6	26,9	26,4

Аналогично ранняя распашка многолетних трав и летняя запашка зеленой биомассы в занятых и сидеральных парах, как свидетельствуют исследования в разных провинциях Сибири [Аникст,1984; Бохиев и др., 2008; Бугаков,1971; Мальцев, 2001; Методич. рук-во, 2008 и др.], позволяют создать благоприятные условия для прохождения процессов минерализации органических азотсодержащих веществ (табл. 5). При летней заделке органических остатков в процессе их минерализации и последующей нитрификации накапливается в 2-2,6 раза больше нитратов, чем при осенней вспашке пласта трав и заделке растительной биомассы.

Таблица 5

Влияние сроков вспашки многолетних трав на накопление нитратного азота в сибирских почвах, кг/га

Регион	Почва	Культура	Вспашка пласта трав	
			летняя	осенняя
Зауралье	Чернозём выщелоченный	Клевер	97	36
Омское Прииртышье	Лугово-чернозёмная	Люцерна + + кострец	92	44
Алтайское Приобье	Чернозём обыкновенный	Кострец	68	27
Предбайкалье	Серая лесная	Клевер + + тимофеевка	81	39
Забайкалье	Каштановая	Донник	52	23

Под культурами сплошного сева в процессе текущей нитрификации накопление нитратного азота небольшое – обычно в пределах 20-40% к исходному содержанию перед посевом. Под влиянием междурядных обработок под пропашными культурами процессы мобилизации азота проходят в 1,3-1,6 раза интенсивнее, чем под зерновыми, что приводит к лучшему обеспечению растений доступным азотом. Под многолетними травами в связи с низкой биологической активностью почв и высоким потреблением его растениями содержание минерального азота в течение лета обычно очень низкое.

На увеличение количества минеральных соединений азота в почвах существенное влияние оказывают органические и минеральные удобрения.

Хорошо приготовленный подстилочный навоз, торфонавозные компосты, птичий помёт, жидкий и полужидкий навоз содержат значительные количества минерального (в форме нитратов и аммония) и легкодоступных органических соединений азота. Внесение этих удобрений способствует улучшению азотного питания растений. Удобрения, содержащие азот в связанном состоянии (торф, солома, свежий подстилочный навоз), обычно слабее улучшают азотный режим в год их внесения, их лучше вносить в паровое поле для активного высвобождения закреплённого азота.

Все промышленные азотные удобрения не только повышают содержание минерального азота, но и способствуют дополнительному накоплению подвижных соединений элемента (экстра-азот) за счёт более активной минерализации почвенных азотсодержащих веществ.

2. АГРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НИТРАТНЫМ АЗОТОМ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЯХ

Многолетние исследования особенностей азотного режима зональных почв Сибири и вклада антропогенных факторов в мобилизацию и накопление мобильных соединений азота в полях севооборотов позволили разработать подходы к диагностике азотного питания полевых культур. Для практических целей наиболее перспективны два направления почвенной диагностики – агрохимическое и агротехническое. При этом многие особенности режима обменного аммония и нитратов в сибирских почвах достаточно типичны и для почв других регионов страны. Это даёт основания для предельно широкой проверки и возможного использования предлагаемых подходов диагностики и приёмов регулирования азотного режима на других территориях континентального климата.

Наиболее достоверным методом прогноза обеспеченности полевых культур азотом и определения потребности их в азотных удобрениях является ежегодное сезонное агрохимическое обследование почв. Этот подход, основанный на определении содержания нитратного азота, впервые был предложен в СибНИИСХ [Кочергин, 1956, 1965] для чернозёмов Омского Прииртышья. Несколько позже была разработана методика сезонного агрохимического обследования на основе аналогового принципа [Кочергин, Гамзиков, 1972]. Обобщение результатов исследований по изучению азотного режима в разных почвенно-климатических зонах Сибири и отзывчивости полевых культур на внесение азотных удобрений [Чуканов, 1971; Гамзиков, 1981; Крупкин, 1982 и др.] позволило усовершенствовать методику агрохимического обследования и издать «Рекомендации по диагностике азотного питания...» [1983]. Метод достаточно хорошо был проверен и освоен, как уже отмечали, агрохимслужбой не только в Сибири, но и в Предуралье, Поволжье, Северном Казахстане и других регионах.

За последние 30 лет проведены дополнительные исследования и разработки по усовершенствованию прогнозирования азотного пита-

ния полевых культур. Разработаны и предложены новые подходы, уточнены градации обеспеченности доступным почвенным азотом и определены оптимальные нормы потребности культур в азотных удобрениях с учётом современных систем земледелия, а также расширены ареалы использования предлагаемой методики.

Организация работ по почвенной диагностике. Агрохимическое обследование почв полей севооборотов на содержание нитратного азота должно проводиться ежегодно учреждениями федеральной государственной агрохимической службы (агрохимическими центрами и их филиалами) по заявкам министерств (управлений, департаментов) сельского хозяйства в субъектах СФО. Управления (департаменты) сельского хозяйства районов, руководители хозяйств любых форм собственности и других организаций АПК на договорной основе имеют возможность заказать агрохимическое обследование своих полей. Заказчик и исполнитель агрохимического обследования согласовывают принципы обследования, объёмы и сроки, организацию отбора почвенных образцов, а также форму конечного документа (проект системы применения удобрений, рекомендации, сезонные агрохимические картограммы, аналитическая ведомость содержания доступного азота).

Работники агрохимслужбы перед обследованием совместно со специалистами хозяйств готовят необходимую документацию и оборудование для проведения работ и знакомятся с материалами (изучают историю полей, почвенные карты, долгосрочные и сезонные агрохимические картограммы, предшествующее и будущее размещение культур, их урожайность, виды обработки земли и др.). В процессе знакомства с полями, подлежащими обследованию, выделяются элементарные участки в натуре и переносятся на копии схем землеустройства.

На основании полевого отбора почвенных образцов, последующего их анализа на содержание нитратов и обработки данных разрабатываются практические указания по прогнозу потребности полевых культур в азотных удобрениях. Сезонное обследование почв, определение обеспеченности полей севооборотов нитратами и оценка потребности растений в азотных удобрениях проводятся в каждой почвенно-климатической зоне. На полях, где выявлена недостаточная обеспеченность почвенным азотом, под планируемые к посеву культуры рекомендуются приемы и дозы внесения промышленных или органических азотных удобрений.

Принципы агрохимического обследования. Агрохимическое обследование почв в зависимости от производственных возможностей подразделений агрохимслужбы может проводиться *сплошным* и *аналоговым* методами. Перечень и очерёдность работ представлены на рис. 2.

При сплошном обследовании почвенные образцы отбирают со всех полей севооборотов обследуемого хозяйства. После определения содержания нитратов составляют ведомость обеспеченности элементарных участков азотом, на основании которых можно подготовить оперативные картограммы.



Рис. 2. Приёмы агрохимического обследования почв на содержание нитратного азота

В зависимости от уровня обеспеченности почв нитратным азотом проводится оценка потребности каждой культуры севооборота в азотных удобрениях под будущий урожай. Сплошное ежегодное обследование полей может широко практиковаться в хозяйствах с небольшими посевными площадями.

Короткие сроки отбора почвенных образцов и большой объём аналитических работ делают весьма затруднительным сплошное ежегодное агрохимическое обследование по обеспеченности минеральным азотом всей пашни области (края, республики). Наиболее реальным для производственных целей и достаточно достоверным приёмом прогноза азотного питания полевых культур является *аналоговый принцип*, апробированный и широко используемый в Сибири. Суть его состоит в том, что на территории области, края, республики в каждом административном районе выделяется две-три территории с близкими природными условиями и типами (подтипами) почв, в каждой из них выбирается одно-два базовых (опорных) хозяйства с типичными почвенно-климатическими условиями, отраслевой направленностью, севооборотами, технологиями возделывания сельскохозяйственных культур, уровнями применения удобрений, энерговооружённостью хозяйств и экономическими показателями.

В таких базовых хозяйствах проводится сплошное агрохимическое обследование земель всех севооборотов, а затем полученные результаты экстраполируются на аналогичные хозяйства в почвенно-климатической зоне (территории, провинции).

Отдельные хозяйства при невозможности обследования всех земель могут провести определение обеспеченности полей нитратным азотом по основным предшественникам по аналоговому принципу. В этом случае выделяется типичное отделение (бригада) хозяйства, земли которой обследуются сплошным способом. Полученные результаты переносятся на аналогичные земли полей других отделений хозяйства.

В опорных хозяйствах (отделении), как и при сплошном агрохимическом обследовании, проводят отбор и анализ почвенных образцов, затем по каждому полю севооборота устанавливают обеспеченность нитратным азотом. Эти данные на однотипных почвах экстраполируют в другие хозяйства зоны с учетом аналогичности предшествующих культур, основных видов обработки почв, предшествующей удобренности и других факторов. При однотипных агротехниче-

ских условиях для этих хозяйств также разрабатываются рекомендации по определению потребности полевых культур в азотных удобрениях и рациональным приемам их применения для других хозяйств зоны.

Сроки отбора образцов. Агрохимическое обследование с целью диагностики обеспеченности растений нитратным азотом *озимых культур* во всех регионах проводят по сплошному или аналоговому принципу за 7-10 дней до посева. На основании оперативной информации по обеспеченности нитратным азотом специалистами агрохимслужбы и агрономами хозяйств принимается решение о целесообразности внесения азотных удобрений.

Прогноз обеспеченности нитратным азотом *яровых культур* на всех почвах Сибири можно проводить в два срока: поздней осенью и весной до посева. Содержание нитратов в течение периода осень-зима-весна, как правило, не меняется или изменения не выходят из класса обеспеченности. Организационно агрохимическое обследование в регионе удобнее проводить осенью, поскольку в течение осенне-зимнего периода отобранные образцы анализируются в лаборатории. В конце зимы или ранней весной задолго до посевной (в марте-апреле) специалисты и руководители как крупных, так и фермерских хозяйств получают рекомендации по размещению азотных удобрений в полях севооборотов в зависимости от исходного содержания нитратного азота в почве и планируемой урожайности.

Осеннее агрохимическое обследование начинают проводить после торможения процессов минерализации в почве, т.е. при затухании микробиологической деятельности. Обычно такой период наступает при опускании среднесуточной температуры на глубине пахотного слоя ниже 10°C. В каждой природной зоне начало осеннего агрохимического обследования на обеспеченность азотом уточняется по данным метеостанций. Для тайги, подтайги и северной лесостепи оптимальным сроком отбора образцов является, как правило, последняя декада сентября, в центральной и южной лесостепи – первая декада октября, в степи – вторая декада октября. Корректировку сроков отбора ежегодно проводят с учётом фактических погодных условий.

Весной агрохимическое обследование ограничено коротким периодом – оттаивание-спелость почвы к посеву. Весенний отбор и анализ почвенных образцов ограничен по времени, поэтому проводится лишь для характеристики обеспеченности азотом опытных уча-

стков, полей небольших фермерских хозяйств и для уточнения спорных вопросов по отдельным полям в тех хозяйствах, где осенью проводился отбор образцов.

Глубина отбора образцов для диагностики. Выбор глубины взятия образцов зависит от зональных и провинциальных особенностей почвенного покрова, гидротермического режима и интенсивности биологической активности почв обследуемой территории. Работами сибирских агрохимиков [Кочегарова, 1976; Кондратьева, 1978; Лапухин, 2000; Пигарева, 2003; Гамзиков, 2013] показана возможность проведения агрохимического обследования по азоту на мерзлотных почвах в отдельные годы в слое 0-20 см. Подтверждением этому служат высокие коэффициенты корреляции между содержанием $N-NO_3$ в этом слое ($r = 0,78-0,98$). В основном этим слоем можно ограничиться на территории Якутии и Бурятии, а также северной части Красноярского края и Иркутской области. В Восточной Сибири в центральных и южных районах лесостепи, умеренно-засушливой степи, в более увлажнённых предгорных и прибайкальских территориях обследование почв на содержание нитратного азота следует проводить послойно через 20 см до глубины 0-40 см. Такой же глубины следует придерживаться практически на всей площади пахотных земель Западной Сибири, учитывая, что на всей территории Сибири в разные годы в зависимости от погодных условий (засухи, переувлажнение и т.д.) глубина перемещения нитратов может меняться. В этой связи перед массовым агрохимическим обследованием целесообразно агрохимической службе области (края, республики) провести контрольный отбор образцов в разных зонах, что позволит уточнить наиболее оптимальную глубину взятия образцов с учётом сложившихся условий года. Контрольные образцы отбираются по основным предшественникам в севообороте с типичных опорных участков на глубину 0-20 и 20-40 см. Верхний слой для агрохимического обследования считается достаточным, если содержание нитратного азота в нём равно или превышает его количество в слое 20-40 см. Если в подпахотном слое мобильного азота больше, чем в пахотном, то отбор образцов обязательно проводится послойно до глубины 0-40 см. На отдельных территориях в сильно увлажнённые годы нитраты могут мигрировать до глубины 40-60 см. В эти годы предварительное контрольное обследование желательно провести до глубины 60-100 см. В случае когда в слое 40-60 см количество $N-NO_3$ окажется выше, чем в слоях

0-40 см, отбор образцов при агрохимическом обследовании необходимо проводить до глубины 0-60 см. Для диагностических целей на такую же глубину отбираются образцы почв на орошаемых землях.

Считаем весьма уместным для агрохимиков, работающих на территориях с умеренно континентальным климатом, провести проверку возможности использования предлагаемого метода для оценки нуждаемости полевых культур в азотных удобрениях. За основу агрохимического обследования нужно взять слои почвы до 0-60 см, используя предложенные градации обеспеченности (см. табл. 6).

При проведении исследовательских работ рекомендуется проводить отбор образцов по профилю почв до 100 см через каждые 20 см и по фазам вегетации растений в зависимости от целей и задач исследований .

Способы отбора почвенных образцов и подготовка к анализу. Перед началом агрохимического обследования каждое поле в зависимости от почвенного покрова, рельефа, экспозиции склона, степени эродированности, предшественника, основной обработки почвы, удобрённости и других факторов разбивают на элементарные участки. С каждого участка отбирают серию смешанных образцов. Смешанный образец по каждой глубине составляется из пяти индивидуальных. С обследуемого однородного участка площадью до 10 га по каждой глубине отбирают по два смешанных образца, при площади 10-50 га – три, 50-100 га – пять, более 100 га – восемь-десять смешанных образцов. Как правило, образцы отбирают почвенным буром по диагонали обследуемого участка через равные линейные промежутки. После каждого отбора образца бур тщательно очищают, избегая попадания почвы из другого слоя. При взятии образцов исключают нетипичные участки (микропонижения, солонцовые пятна, куртины засорённости и т.п.).

В тех хозяйствах, где агроном или фермер проводит самостоятельно отбор почвенных образцов, их отбирают буром или лопатой. При взятии образцов с помощью лопаты строго соблюдают следующие правила. В открытой прикопке (полужаме) на всю глубину тщательно зачищают одну из стенок, затем из каждого слоя (0-20 см и отдельно – 20-40 см) отбирается столбик почвы массой 60-90 г и помещается в отдельный мешочек (коробку) с этикеткой. Сюда же добавляют и другие индивидуальные пробы с этого элементарного участка. Затем все индивидуальные образцы тщательно перемешива-

ют, оставив средний образец массой 300-400 г. Все образцы обязательно регистрируются в полевой ведомости, которая вместе с ними передаётся в агрохимическую лабораторию. В каждый мешочек (коробку) с образцом почвы вкладывается этикетка с исходными данными (номер образца, хозяйство, поле, севооборот, название почвы, глубина отбора, дата, фамилия, подпись исполнителя).

Нитратный азот можно определять в свежих и воздушно-сухих образцах. Определение в свежих образцах необходимо проводить в день взятия или на следующий день после хранения в холодильнике (при температуре не выше 5°C. При анализе в них параллельно с азотом определяется и влажность почвы для последующего пересчёта содержания N-NO_3 .

При массовом агрохимическом обследовании аналитическое определение нитратного азота обычно проводится в зимний период в воздушно-сухих образцах. Для предотвращения нитрификации в почвенных образцах и получения достоверных данных их необходимо своевременно просушить. После отбора и доставки с поля образцы, разминная комки, рассыпают на бумажных листах тонким слоем и сушат, периодически перемешивая, на сквозняке в затенённом месте. Допускается просушка образцов и в сушильных шкафах, а также в токе тёплого воздуха при температуре 40-60°C. После просушки образцы доставляются в лабораторию для хранения и последующего анализа.

Методы агрохимических анализов почв. Определение нитратного азота в лабораториях агрохимслужбы проводится в соответствии с отраслевыми стандартами теми методами, которые приняты для агрохимических анализов почв. Извлечение нитратного азота из почвы проводится дистиллированной водой, растворами алюмокалиевых квасцов или сульфата калия. Концентрация нитратов в вытяжках определяется на фотоколориметре или с помощью ионоселективного электрода. Фотоколориметрический метод определения нитратов основан: на их восстановлении до нитритов гидразином в присутствии меди в качестве катализатора с последующим образованием окрашенного диазосоединения; на взаимодействии их с дисульфифеноловой кислотой при щелочной реакции с образованием тринитрофенолята жёлтой окраски. При окончательных расчётах результаты анализов обязательно переводятся из нитратов (NO_3^-) в азот нитратов (N-NO_3) – коэффициент перевода равен 0,226.

Градации обеспеченности почв азотом и потребности в азотных удобрениях. Уровни обеспеченности культур доступными соединениями минерального азота за счёт почвенных запасов и потребности в дополнительном внесении азотных удобрений устанавливаются в соответствии с предложенными градациями для каждого обследуемого слоя почв (табл. 6). Основанием для разработки градаций послужили многолетние результаты полевых опытов по оценке отзывчивости культур на внесение азотных удобрений.

Предложенные индексы обеспеченности учитывают не только исходное содержание нитратного азота на дату обследования, но и *его текущее накопление (нетто-минерализацию) и использование растениями в период вегетации.*

Таблица 6

Индексы обеспеченности почв нитратным азотом и определения потребности полевых культур в азотных удобрениях

Обеспеченность нитратным азотом	Градации обеспеченности N-NO ₃ по слоям, мг/кг			Потребность в азотном удобрении
	глубина слоев, см			
	0-20	0-40	0-60	
Очень низкая	< 10	< 5	< 3	Очень высокая
Низкая	10-15	5-10	3-8	Высокая
Средняя	15-20	10-15	8-12	Средняя
Высокая	> 20	> 15	> 12	Отсутствует

Следовательно, необходимости дополнительных поправок на текущую минерализацию и нитрификацию этим градациям не требуется.

Разработанные индексы по содержанию в почве нитратного азота и потребности культур в азотных удобрениях могут быть использованы для оценки обеспеченности полей севооборотов доступным азотом, составления сезонных агрохимических картограмм и определения доз азотных удобрений при разных уровнях планируемой продуктивности сельскохозяйственных культур и прогноза ожидаемой прибавки урожая.

Виды информации об обеспеченности полей запасами нитратного азота. Агрохимический центр в соответствии с договоренностью с заказчиком по результатам анализа почвенных образцов может выдавать разные виды информационных материалов. Наиболее простой вариант – подготовка ведомостей содержания нитратного азота

(мг/кг или кг/га) по основным предшественникам. Более наглядными являются сезонные агрохимические картограммы с цветовым раскрашиванием полей по классам обеспеченности. Для каждого хозяйства также проектируется план внесения азотных удобрений в системе их применения в севооборотах с сопровождением соответствующих документов и приложений.

При составлении сводного прогноза обеспеченности полей севооборота почвенным азотом по каждому из них приводится подробная агротехническая характеристика (предшественник, обработка почвы, удобренность, урожайность предшествующей культуры, запасы продуктивной влаги и др.). Информация по обеспеченности полей азотом и предложения о потребности культур в азотных удобрениях по агротехническим фонам излагаются в сводном бюллетене, который за 1,5-2 месяца до начала полевых работ публикуется в средствах массовой информации или рассылается во все хозяйства. При этом даются рекомендации по дозам, срокам и способам применения азотных удобрений.

3. ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ

В почвенно-климатических условиях Сибири потребность и эффективность азотных удобрений закономерно возрастают в зональном ряду: степь – лесостепь – подтайга – южная тайга. Кроме этого, в каждой зоне действие удобрений зависит от агротехнических факторов (предшественник, обработка, засорённость и др.), обуславливающих накопление нитратного азота. Географические и агротехнические особенности действия азотных удобрений позволяют разработать системы определения потребности и норм их внесения под полевые культуры.

При разработке комплексной системы применения удобрений в конкретном хозяйстве специалисту агрохимслужбы необходимо учитывать все многообразие природных, агротехнических, организационных, экономических, экологических и других факторов, характерных для этого предприятия. Потребность культур в дополнительных элементах минерального питания в каждом поле севооборота определяется на основе агрохимических картограмм (по фосфору, калию и др.), по азоту – на результатах лабораторных данных о содержании нитратного азота. Соотношение между элементами и дозами удобрений, сроки и способы внесения определяются на каждом поле севооборота исходя из особенностей культуры, планируемой урожайности и назначения продукции. При разработке системы удобрений необходимо учитывать принятые уровни интенсификации ведения земледелия в хозяйстве.

От правильно предложенных норм удобрений в значительной мере зависят уровни отзывчивости культур и окупаемости 1 кг действующего вещества. При этом следует правильно учитывать и планировать дополнительный прирост урожая в последствии на второй и третьей культуре после внесения удобрений, на долю которых обычно приходится около 40-60% дополнительной прибавки урожая, а следовательно, и окупаемости продукцией.

Ориентировочные нормы внесения азотных удобрений в зависимости от обеспеченности доступным азотом могут быть взяты из табл. 7. При необходимости можно вводить поправочные коэффициенты на интенсивность применения средств химизации, а также использовать расчетные методы на планируемую прибавку урожая или программируемые уровни продуктивности. Рекомендуемые нормы

внесения азота для отдельных групп культур (зерновые, пропашные, многолетние травы) разработаны на основе большого числа полевых опытов, проведенных в разных почвенно-климатических зонах Сибири [Гамзиков, 2013]. Дозы рекомендуются с учётом исходного содержания нитратного азота в почве и возможной текущей нитрификации. Нормы удобрений рассчитаны на разные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в хозяйствах: на экстенсивную – с уровнем продуктивности 7-12 ц/га зерновых единиц, ординарную или обычную – 12-25 и интенсивную – 26-35 ц/га и выше.

Таблица 7

Оrientировочные зональные нормы внесения азотных удобрений (кг/га д.в.) под полевые культуры в зависимости от обеспеченности почв нитратным азотом

Потребность в азотном удобрении	Тайга, подтайга			Лесостепь			Степь		
	зерно-вые	пропашные	травы	зерно-вые	пропашные	травы	зерно-вые	пропашные	травы
<i>Экстенсивная технология возделывания культур</i>									
Очень сильная	20-30	20-30	-	15-20	15-20	15-20	8-10	8-10	-
Сильная	10-15	10-20	-	8-10	8-10	-	-	-	-
Средняя	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отсутствует	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ординарная технология возделывания культур</i>									
Очень сильная	30-40	40-60	40-60	20-30	20-30	30-40	10-15	20-30	20-30
Сильная	20-30	30-40	30-40	10-20	10-20	20-30	8-10	10-20	10-20
Средняя	10-20	10-20	-	-	-	-	-	-	-
Отсутствует	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Интенсивная технология возделывания культур</i>									
Очень сильная	80-90	90-120	90-120	60-80	80-100	80-100	40-60	60-80	60-80
Сильная	60-80	70-90	70-90	40-60	60-80	60-80	30-40	50-60	40-60
Средняя	40-60	50-70	50-70	30-40	40-60	40-60	15-30	30-50	30-40
Отсутствует*	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Удобрения применяются при программируемых уровнях продуктивности.

При *экстенсивной системе* ведения хозяйства улучшение азотного режима проводится в основном за счёт мобилизации почвенного плодородия: увеличения площадей под чистыми парами, ранней зябле-

вой обработке почв, летней распашке многолетних трав, междурядных рыхлениях пропашных культур. Переход в степи и лесостепи на коротко ротационные севообороты (3-4-польные), а в некоторых хозяйствах – на двухполье (пар-посев), как временную меру, не только даёт возможность очистить поля от сорняков, но и позволяет создать благоприятные условия для азотного питания. В значительной мере улучшению обеспеченности запасами азота способствуют сидеральные культуры (донник, рапс, однолетние бобовые и др.), пожнивные посевы, запашка послеуборочных остатков, насыщение севооборотов бобовыми однолетними и многолетними культурами. При экстенсивной системе земледелия минеральные азотные удобрения в редких случаях вносят малыми дозами в виде комплексных удобрений в основном при посеве в рядки. Такая система земледелия позволяет получать продуктивность зерновых на уровне 7-10 ц/га и лишь в особо благоприятные годы – 10-14 ц/га. При этом земледелец их-за недостатка азотного питания растений обычно получает зерно плохого качества – с низким содержанием белка и клейковины.

Ординарная (обычная) система ведения земледелия – наиболее распространённая в регионе наряду с улучшением азотного режима за счёт биологических ресурсов допускает применение азотных удобрений на всех полях недостаточной обеспеченности азотом в основном в рядок при посеве культуры или локально при подкормке многолетних трав. Нормы внесения азотных удобрений, как правило, невысокие, рассчитанные на поддержание азотного питания растений. При улучшении экономических возможностей нормы внесения азота следует увеличивать до максимально рекомендуемых. Продуктивность при ординарной системе находится в пределах статистически средних многолетних величин по федеральному округу (около 14 ц/га) с повышением в особо благоприятные годы до 16 ц/га и выше и понижением в неблагоприятные до 10-12 ц/га. При посеве пшеницы на почвах низкой и очень низкой обеспеченности получение классного зерна возможно только при внесении азотных удобрений.

При *интенсивном земледелии* азотные удобрения, как и другие туки, применяются из расчёта на бездефицитный баланс элементов питания, максимальную оплату продукцией единицы питательного вещества и получение высокого урожая. Доля хозяйств, системно ведущих земледелие по интенсивной технологии, в каждом субъекте не превышает 7-10%. Строгое выполнение технологических приёмов,

достаточно высокий уровень применения органических (навоз, птичий помёт, сидераты и др.) и минеральных удобрений, а также использование пестицидов и высокопроизводительной техники позволяют в наибольшей мере реализовать природный потенциал в продуктивности полевых культур. Большинство хозяйств ежегодно получают урожаи по 30-40 ц/га зерна высококлассного качества.

Независимо от систем земледелия следует помнить, что в сибирских условиях южной лесостепи и степи отказ от парового поля, безотвальные, минимальные и нулевые обработки почвы приводят к снижению в 1,4-1,7 раза активности процессов нитрификации, а следовательно, и к уменьшению накопления нитратного азота. Для получения устойчивого урожая при этих технологиях необходимо обязательное внесение компенсирующих норм азотных удобрений.

При разработке системы применения удобрений в севообороте следует обращать внимание на следующие особенности: все азотные удобрения для предотвращения потерь должны сразу же заделываться в почву на глубину не менее 10-12 см; при внесении азотных удобрений следует учитывать обеспеченность почв подвижными формами фосфора и калия (особенно это важно при интенсивных технологиях) и при необходимости вносить фосфорные и калийные удобрения; наибольшая потребность в элементах питания и высокая положительная отзывчивость на удобрения свойственны сортам интенсивного типа, для них характерна и более высокая экономическая окупаемость; азотные удобрения дают заметную прибавку урожая не только в первый, но и в последующие 2-4 года – суммарная окупаемость 1 кг внесённого азота составляет 10-12 кг зерна и более; в сибирских условиях при правильно выбранных нормах основного внесения азотных удобрений можно обходиться без внекорневых подкормок азотом яровых культур в период вегетации, получая высокие урожаи качественной продукции.

Оправдываемость агрохимического прогноза. Многолетняя проверка агрохимического метода диагностики обеспеченности почв доступным азотом на землях Омской, Новосибирской областей, Алтайского и Красноярского краев и других субъектов СФО показала широкие возможности регулирования азотного питания полевых культур с помощью азотсодержащих удобрений. Применение этой уникальной методики прогнозирования азотного питания в производственных условиях даёт хозяйствам повышать урожай-

ность полевых культур, улучшать качество зерна и кормов, увеличивать экономическую эффективность применения азотных удобрений и сохранять экологическое равновесие в агроценозах.

В течение ряда лет в научных и производственных опытах на всех основных почвах региона проводилась проверка оправдываемости прогноза азотного питания культур (табл. 8). Результаты подтверждают получение значительных прибавок урожая зерна при очень низкой и низкой исходной обеспеченности почв нитратами. При высоком их содержании отзывчивость на азотные удобрения низкая. В зависимости от уровня увлажнения отзывчивость на внесение промышленного азота была наивысшей на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. В степной зоне на каштановых почвах уровень прибавок от азота был ниже в связи с недостатком увлажнения.

Таблица 8

Оправдываемость агрохимического прогноза эффективности азотных удобрений при внесении под яровую пшеницу в зависимости от обеспеченности нитратным азотом сибирских почв

Обеспеченность азотом	N-NO ₃ в почве, мг/кг	Дерново-подзолистые		Серые лесные		Чернозёмы, лугово-чернозёмные		Каштановые	
		п	прибавка	п	прибавка	п	прибавка	п	прибавка
Очень низкая	< 5	12	6,0 ± 0,8	4	5,3 ± 1,2	26	3,3 ± 0,4	15	3,2 ± 0,3
Низкая	5-10	6	3,3 ± 0,5	8	2,5 ± 0,5	30	2,0 ± 0,1	15	2,7 ± 0,2
Средняя	10 – 15	3	1,7 ± 0,6	6	0,6 ± 0,3	28	0,2 ± 0,2	11	-0,5 ± 0,1
Высокая	> 15	2	0,7 ± 0,3	6	0,4 ± 0,7	56	-0,4 ± 0,2	-	-
Коэффициенты корреляции между N-NO ₃ и прибавкой		- 0,63±0,18- (- 0,74±0,22)		- 0,76±0,23- (- 0,90±0,13)		- 0,66±0,22- (- 0,91±0,20)		- 0,64±0,19- (- 0,79±0,20)	

Хорошая аналитическая база агрохимслужбы, небольшие затраты на агрохимическое обследование почв и высокая оправдываемость прогноза убеждают в целесообразности широкого производственного применения предлагаемых подходов.

Таким образом, длительная производственная проверка агрохимического метода почвенной диагностики азотного питания растений убеждает, что предлагаемые «Рекомендации...» могут служить важным составляющим звеном устойчивости сибирского земледелия.

4. АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР АЗОТОМ

В практической деятельности агроном, фермер, руководитель хозяйства не всегда могут иметь материалы количественной характеристики содержания доступного азота в почвах. Весной при размещении и посеве культур часто возникают ситуации, которые необходимо разрешить с помощью ориентировочных материалов об обеспеченности культур почвенным азотом и целесообразности применения азотных удобрений. Не имея ориентировки о потребности культур в азоте и обеспеченности по полям севооборота, часто допускают ошибки при использовании азотных удобрений. Например, на чернозёмах внесение азотных удобрений под пшеницу, размещаемую по пару, приводит к избыточному питанию азотом, что способствует затяжке вегетации, полеганию и морозобойности зерна. Применение тех же удобрений под зерновые, высеваемые второй и третьей культурой после пара, резко улучшает уровень азотного питания, что гарантированно позволяет повысить урожай и качество зерна. В таких случаях следует воспользоваться агротехническим подходом, основанным на учёте закономерностей накопления нитратов в зональных почвах в зависимости от агротехнического фона [Гамзиков, 2000, 2013]. Количество нитратного азота, как следует из материалов предыдущих разделов (см. табл. 3-5), находится в прямой зависимости от агротехнических факторов: предшественника в севообороте, сроков и приёмов основной обработки почвы, времени сева и интенсивности междурядных обработок пропашных культур, предшествующего применения удобрений. Этот метод наиболее прост в исполнении и достаточно надёжен при соблюдении зональных агротехнологий (сроки и приёмы обработки почв, подготовки паров и зяби, распахивания сидеральных культур и многолетних трав, возделывания полевых культур). Метод даёт вполне удовлетворительные результаты по определению обеспеченности культур севооборота доступным азотом и прогнозу потребности культур в азотных удобрениях. При этом анализ ситуации обеспеченности полей доступным азотом и планирование потребности культур в азотных удобрениях можно проводить задолго до посевной. Несомненно, агротехнический метод будет надёжно срабатывать только при строгом выполнении агротехнологи-

ческой дисциплины полевых работ. Например, если при подготовке пара поле несвоевременно обрабатывалось, зарастало сорняками, то ситуация с накоплением доступного азота будет критической. Аналогичные результаты ожидаются при осеннем подъёме пласта трав или поздней зяблевой вспашке.

Потенциальное плодородие почв, запасы и накопление неспецифических органических веществ, климатические и погодные особенности обуславливают, несмотря на варьирование по годам, довольно устойчивые пределы обеспеченности азотом по предшественникам севооборота (табл. 9). На малогумусных дерново-подзолистых, светло-серых лесных, светло-каштановых и каштановых почвах практически во все годы и по всем предшественникам складывается неблагоприятный азотный режим. Исключение составляют только те поля, где при подготовке пара внесены органические удобрения (навоз, компосты, сидераты) или систематически применялись удобрения в предшествующие годы (окультуренные почвы). На серых лесных, чернозёмах южных и тёмно-каштановых почвах, как правило, высокая обеспеченность растений азотом может быть только при посеве по удобренному пару. В паровом поле без органических удобрений в таких почвах накапливается доступного азота лишь на уровне средней, а после других предшественников – низкой обеспеченности.

Таблица 9

**Схема определения потребности полевых культур
в азотных удобрениях на основе агротехнического метода
с учётом предшественника**

Предшественник	Обеспеченность азотом	Потребность в азотном удобрении	Доза внесения азота под культуры, кг/га *		
			зерновые	пропашные	многолетние травы
Дерново-подзолистые, светло-серые лесные, светло-каштановые и каштановые почвы					
Пар чистый унавоженный, занятый и сидеральный	Средняя	Средняя	20-30	30-40	----- 30-40
Остальные предшественники	Низкая и очень низкая	Сильная и очень сильная	40-60	40-60	<u>30-40</u> 40-60

Предшественник	Обеспеченность азотом	Потребность в азотном удобрении	Доза внесения азота под культуры, кг/га *		
			зерновые	пропашные	многолетние травы
Серые лесные, чернозёмы южные и тёмно-каштановые почвы					
Пар чистый, занятой и сидеральный при летней запашке биомассы	Средняя	Средняя	20-30	30-40	$\frac{---}{20-30}$
Все остальные предшественники	Низкая и очень низкая	Сильная и очень сильная	30-50	40-60	$\frac{20-30}{40-60}$
Чернозёмы оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные, тёмно-серые и лугово-чернозёмные почвы					
Пар чистый и сидеральный при летней запашке, первая культура после пара, пропашные, ранняя зябь, летний пласт трав	Высокая	Отсутствует	-	-	-
Пар занятой, вторая культура после пара, пропашные, зернобобовые, однолетние травы, оборот пласта многолетних трав	Средняя	Средняя	20-30	30-40	$\frac{----}{20-30}$
Все остальные предшественники	Низкая и очень низкая	Сильная и очень сильная	30-40	40-60	$\frac{20-30}{30-40}$

* **Примечание.** Приведены дозы удобрений, рассчитанные на **ординарную технологию** возделывания полевых культур, при **экстенсивной технологии** дозы снижают наполовину, при **интенсивной** – увеличивают в 2-3 раза.

В числителе указана доза азота при посеве трав, знаменателе – при подкормке в годы пользования трав.

Следовательно, преобладающая доля пашни, расположенная на дерново-подзолистых, серых лесных и каштановых почвах, а также

чернозёмах южных, ежегодно слабо обеспечена нитратами, поэтому требуется внесение азотного удобрения.

Наиболее высокое накопление доступного азота для растений характерно для чернозёмов, тёмно-серых лесных и лугово-чернозёмных почв. Около половины полей на этих почвах имеют высокую и среднюю обеспеченность азотом. На другой половине (после зернофуражных и пласта многолетних трав поздней распашки, злаковые многолетние травы) обычно необходимо применение азотных удобрений.

Уровни продуктивности предшествующей культуры, степень ее удобренности, засоренность посевов и некоторые другие факторы могут вносить существенные коррективы в предлагаемую схему обеспеченности азотом. При высокой урожайности культур, поздней уборке урожая, сильной засорённости посевов, запоздалой зяблевой обработке и по весновспашке запасы азота в почвах для культур будущего года обычно в 1,3-1,7 раза ниже нормативных параметров. И, наоборот, при низком уровне продуктивности, ранней уборке и своевременной основной обработке пашни, хорошем увлажнении и тепловом режиме во вторую половину лета и осенью обеспеченность нитратами будущего урожая будет более высокой.

Агротехнический метод, несмотря на его некоторую условность, дает достаточно четкие представления о возможной ситуации с азотным питанием растений на каждом поле севооборота при соблюдении агротехнических требований по обработке почв и возделывании полевых культур. Работа по предлагаемой схеме при отсутствии агрохимических анализов позволяет, ориентируясь на структуру использования пашни и особенности обеспеченности азотом, определять потребность и проводить размещение азотных удобрений в полях севооборота, устанавливать дозы и способы внесения, а также планировать урожайность и прогнозировать прибавку.

Результаты полевых опытов в разных почвенно-климатических зонах подтверждают большие возможности агротехнического метода, поскольку наблюдается высокая оправдываемость такого прогноза (табл. 10). Экспериментальные данные также подтверждают возможность получения стабильных урожаев без удобрений практически во всех зонах при посеве пшеницы по чистым, занятым и сидеральным парам, рано вспаханному пласту многолетних трав. По всем другим предшественникам, как правило, требуется внесение азотных удобрений.

Таблица 10

**Влияние предшественников на предпосевные запасы нитратов
в почвах и оправдываемость прогноза эффективности
азотных удобрений при внесении под пшеницу
в основных почвенно-климатических зонах**

Предшественник	Предпосев- ные запасы N-NO ₃ в слое 0-40 см, кг/га	Урожай- ность на контроле, ц/га	Прибавки от N40-60, ц/га		Окупае- мость 1 кг N, кг зерна*
			пределы	сред- нее	
Тайга и подтайга (дерново-подзолистые, светло-серые лесные почвы)					
Пар, пласт трав	6-36	12,8-18,1	3,5-5,5	4,7	6/9
Зерновые	4-27	10,7-14,5	2,8-10,3	5,6	9/12
Лесостепь (серые лесные, чернозёмы оподзоленные, выщелоченные и лугово-чернозёмные почвы)					
Пар, пласт трав	44-147	14,9-34,6	-0,9-1,9	0,7	-
Пропашные	21-68	11,1-19,7	0,7-4,8	2,5	4/8
Зерновые	8 -46	9,2- 24,6	1,9-7,7	5,6	5/10
Степь умеренно-засушливая(чернозёмы обыкновенные и южные)					
Пар	32-92	10,9-23,6	0,4-1,0	0,6	-
Пропашные	12-40	8,8-17,6	0,6-2,8	1,6	3/7
Зерновые	6-28	6,8-14,8	1,2-5,7	2,8	5/8
Степь сухая (каштановые почвы)					
Пар	10-43	8,1-16,9	1,2-5,3	2,1	4/7
Зерновые	2-8	5,0-12,0	1,1-4,8	2,2	5/8

* Окупаемость: числитель – в действии, знаменатель – суммарно в действии и один год – последствия.

Грамотное и умелое использование предлагаемого подхода к диагностике азотного питания растений даёт возможность без дополнительных затрат эффективно использовать азотные удобрения, добываясь устойчивой урожайности, повышения качества продукции и получения наибольшей отдачи товарной продукции на каждый килограмм внесённого азота с удобрениями.

Несмотря на положительные стороны агротехнического подхода диагностики, следует помнить, что он не может заменить агрохимический метод, особенно при интенсификации земледелия, когда необходимы точные приёмы к определению доз удобрений и расчёты на запланированный уровень урожайности культур. Несомненно, при переходе к точному земледелию и при освоении интенсивных и высокоинтенсивных систем земледелия потребуются более совершенные расчётные агрохимические методы, основанные на балансе элементов в системе почва-растение-удобрение.

5. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В СИБИРСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

За последние 25 лет в земледелии Сибири, как и в стране в целом, произошли существенные негативные изменения: снизился экономический потенциал отрасли, сократилась энерговооруженность хозяйств, резко упало применение удобрений. В настоящее время, по сравнению с периодом интенсивной химизации (1980-1990 гг.) применение промышленных туков в Сибири снизилось в 14 раз, органических удобрений – в 9 раз. За последнее 10 лет применение минеральных удобрений в сибирском земледелии остается на очень низком уровне – в большинстве субъектов Сибирского федерального округа ежегодно вносится всего 3-9 кг/га д.в. удобрений. Анализ баланса элементов минерального питания в земледелии свидетельствует об их глубоком дефиците, так как вынос и отчуждение с продукцией компенсируются лишь на 9-10%. Ежегодное многолетнее потребление элементов из почвы устойчиво ведёт к систематическому падению эффективного плодородия пахотных почв. Неизбежным следствием этого явится плавное стабильное снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Решая перспективы производства зерна, кормов, продукции технических культур, картофеля и овощей в Сибири, следует учитывать объективные реалии необходимости возмещения потребностей культур в элементах питания. Сибирское земледелие не сможет дальше развиваться без эффективного применения промышленных и органических удобрений (табл. 11). В ближайшие пять лет необходимо вносить не менее 395 тыс. т д.в. минеральных удобрений, в том числе азотных 190 тыс. т, в последующее пятилетие применение туков должно возрасти до 960 и 470 тыс. т, соответственно. При этом в ассортименте приобретаемых удобрений преимущество должно принадлежать азотным при соотношении $NPK = 1:0,7-0,8 : 0,2-0,3$.

Таблица 11

**Перспективная потребность земледелия Сибири
в минеральных удобрениях, тыс. т д.в.**

Удобрения	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Сибирь
<i>I этап</i>			
В сумме NPK	260	135	395
Азотные	130	60	190
Фосфорные	100	50	150
Калийные	30	25	55
<i>II этап</i>			
В сумме NPK	645	315	960
Азотные	320	150	470
Фосфорные	250	120	370
Калийные	75	45	120

Анализ результатов исследований в многолетних (35-75 лет) стационарных опытах свидетельствует о том, что в резко континентальных условиях Сибири минеральные и органические удобрения при систематическом применении в умеренных нормах на 1 га севооборота способствуют поддержанию агрохимических свойств почвы на более высоком уровне по сравнению с неудобренными, что является доказательством сохранения плодородия и снижения дефицита азота и других элементов в земледелии региона. Систематическое применение удобрений оказывает устойчивое положительное пролонгированное действие на продуктивность полевых культур. Минеральные и органические удобрения позволяют получать в тайге и подтайге до 3,0-3,6 т з. е. с 1 га севооборотной площади, в лесостепи – 2,9-3,4, в степи – 1,6-2,5 т/га при окупаемости 1 кг д.в. удобрений от 8 до 14 кг зерна, оплата 1 т навоза за севооборот составляет до 1 ц зерна, что создает условия высокой рентабельности производства качественной растениеводческой продукции. При этом длительное применение удобрений, не создавая экологических проблем в агроценозах, позволяет сохранять и поддерживать плодородие почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для средне- и очень континентальных сибирских условий учёными-агрохимиками получены экспериментальные данные, а на их основе разработаны, апробированы и предлагаются для повсеместного освоения в земледелии региона агрохимические и агротехнические системы диагностики обеспеченности почв доступным азотом в форме нитратов. Установленные закономерности режима нитратного азота в почвах позволяют оценивать потребность полевых культур в азотных удобрениях и на основе учета агротехнологических приемов в земледелии и предложенных градаций обеспеченности при составлении сезонных агрохимических картограмм определять дозы внесения азотных удобрений, прогнозировать ожидаемую прибавку урожая и окупаемость 1 кг азота основной и побочной продукцией.

Результаты широкой производственной проверки агрохимслужбой региона изложенных подходов почвенной диагностики на территории Сибири подтверждают их высокую эффективность. Затраты времени и труда на агрохимическое обследование и составление планов применения удобрений оправдываются. Прогноз потребности сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях позволяет за счёт правильного распределения их по полям севооборота оптимизировать питание растений, исключить непродуктивный расход почвенного и промышленного азота, предотвратить загрязнение окружающей среды. Рациональное использование азотных удобрений даёт возможность увеличивать урожай полевых культур, улучшать качество растениеводческой продукции, повышать оплату 1 кг азота внесённых туков, сохранять и улучшать плодородие почв, не нарушая экологического состояния агроландшафтов.

Для экономически оправданной реализации предлагаемой системы диагностики азотного питания растений и реального увеличения урожайности культур, повышения сбора качественной продукции необходимо в ближайшее пятилетие увеличить применение азотных удобрений в земледелии Сибири до 190 тыс. т азота, а в перспективе – до 470 тыс. т.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
2. **Аникст Д.М.** О прогнозе отзывчивости яровой пшеницы на азотные удобрения в Сибири // Агрохимия. – 1984, – № 1. – С. 3-8.
3. **Бохиев В.Б., Батудаев А.П., Лапухин Т.П., Уланов А.К.** Научные основы систем земледелия Бурятии. – Улан-Удэ: БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2008. – 480 с.
4. **Будажанов Л.З.** Биокинетический цикл азота в системе почва-удобрение-растение в условиях Забайкалья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2009. – 39 с.
5. **Бугаков П.С.** Исследование режимов лесостепных почв Красноярского края: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1971. – 29 с.
6. **Гамзиков Г.П.** Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 266 с.
7. **Гамзиков Г.П.** Принципы почвенной диагностики азотного питания полевых культур и применения азотных удобрений // Совершенствование методов почвенно-растительной диагностики азотного питания растений и технологий применения удобрений на их основе. – М.: ВНИПТИХИМ, 2000. – С. 33-45.
8. **Гамзиков Г.П.** Агрохимия азота в агроценозах / РАСХН, Сиб. отд-ние. Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2013. – 790 с.
9. **Гамзиков Г.П.** Системный комплексный подход в агрохимических исследованиях биогенных элементов в агроценозах (на примере азота) // Агрохимия. – 2014. – № 8. – С 3-16.
10. **Дмитриев Е.А.** Математическая статистика в почвоведении. – М.: МГУ, 1972. – 291 с.
11. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
12. **Ермохин Ю.И.** Диагностика питания растений. – Омск: ОмГАУ. 1995. – 208 с.
13. **Кондратьева Е.Д.** Азот дерново-подзолистых почв Омского Прииртышья и эффективность азотных удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Омск, 1978. – 18 с.
14. **Кочегарова Н.Ф.** Формы азота и азотный режим черноземов Омской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 1976. – 18 с.
15. **Кочергин А. Е.** Условия азотного питания зерновых культур на черноземах Сибири // Агробиология. – 1956. – № 2. – С. 76-88.
16. **Кочергин А.Е.** Условия питания зерновых культур азотом, фосфором и калием и применение удобрений на чернозёмах Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1965. – 40 с.

17. **Кочергин А.Е., Гамзиков Г.П.** Эффективность азотных удобрений в чернозёмной зоне Западной Сибири //Агрохимия.– 1972. – № 6. – С. 3-11.
18. **Крупкин П.И.** Эффективность азотных удобрений в связи с содержанием азота и другими агрохимическими показателями почв Средней Сибири // Агрохимия. – 1982. – № 11. – С. 3-12.
19. **Красницкий В.М.** Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири – Омск: ОмГАУ, 2002. – 144с.
20. **Кудеяров В.Н.** Азотный режим почв и урожайность: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1965. – 18 с.
21. **Лапухин Т. П.** Система применения удобрений в полевых севооборотах на каштановых почвах сухой степи Забайкалья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Барнаул, 2000. – 40 с.
22. **Мальцев В.Т.** Азотные удобрения в Приангарье / РАСХН. Сиб. отделение. Иркутск. НИИСХ. Отв. ред. Г.П. Гамзиков. – Новосибирск, 2001. – 272 с.
23. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия / под ред. А.Л. Иванова и Л.М. Державина. – М.: Минсельхоз РФ, РАСХН, 2008. – 392 с.
24. **Пигарева Н.Н.** Диагностика азотного питания растений на мерзлотно-почвах Бурятии // Агрохимия. – 1999. – №3. – С. 21-25.
25. **Пигарева Н.Н.** Агрохимия пахотнопригодных почв криолитозоны Забайкалья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Улан-Удэ, 2003. – 49 с.
26. Рекомендации по диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в Сибири. – Новосибирск, 1983. – 30 с.
27. **Славина Т.П.** Азот в почвах элювиального ряда. – Томск: ТГУ. – 1978. – 392 с.
28. **Хавкин Э.Е.** Новое в диагностике азотного питания сельскохозяйственных культур. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. – 60 с.
29. **Черепанов Г.Г.** Определение потребности в азотных удобрениях на основе агрохимических методов. – М.: ВНИИТЭИИСХ, 1985. – 53 с.
30. **Черненко В.Г.** Теоретические основы оптимизации и диагностики минерального питания зерновых культур в сухостепной зоне Северного Казахстана: дис. ... д-ра с.-х. наук в форме науч. доклада. – Омск, 1993. – 56 с.
31. **Чуб М.П.** Оптимизация минерального питания культур и система удобрений в севооборотах на чернозёмах и тёмно-каштановых почвах засушливого Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1989. – 48 с.
32. **Чуканов В.И.** Определение потребности яровой пшеницы и кукурузы в азотных удобрениях на серых лесных почвах Новосибирской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Иркутск, 1971. – 25 с.
33. **Шафран С.А.** Диагностика азотного питания озимых зерновых культур в Нечернозёмной зоне// Агрохимия. – 1996. № 7.– С.10-21.
34. **Шафран С.А.** Диагностика питания зерновых культур и определение потребности в азотных удобрениях. – М.: РАСХН, 2000. – 66 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В АГРОЦЕНОЗАХ.....	6
1.1. Почвенно-агрохимическое районирование региона.....	6
1.2. Объекты и методы проведения исследований	9
1.3. Сравнительная оценка методов диагностики азотного питания растений	10
1.4. Особенности режима соединений минерального азота в почвах.....	13
2. АГРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НИТРАТНЫМ АЗОТОМ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЯХ.....	19
3. ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ	29
4. АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР АЗОТОМ	34
5. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В СИБИРСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ	40
Заключение	42
Литература	43

Геннадий Павлович Гамзиков

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКЕ
АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР
И ПРИМЕНЕНИЮ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ
В СИБИРСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

Производственно-практическое издание

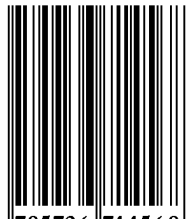
Редактор *М.А. Обознова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Т.П. Речкиной*
Корректор *В.А. Белова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 14.11. 2018 Формат 60х84 1/16
Бумага писчая Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная
Печ. л. 3,0 Тираж 500 экз. Изд. заказ 149 Тип. Заказ 692

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1456-8



9 785736 714568

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

Информационный бюллетень Минсельхоза России выпускается ежемесячно тиражом более 4000 экземпляров и распространяется во всех регионах страны, поступает в органы управления АПК субъектов Российской Федерации. В журнале публикуются материалы информационно-аналитического характера о деятельности Министерства по реализации государственной аграрной политики, отражаются приоритеты, цели и направления развития сельского хозяйства и сельских территорий, материалы о мероприятиях, проводимых с участием первых лиц государства по вопросам развития отрасли, освещается ход реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы.

Вы прочтете проблемные статьи и интервью с руководителями регионов, ведущими учеными-аграрниками, руководителями сельхозпредприятий и фермерами. Широко представлены новости АПК регионов.

В приложении к Информационному бюллетеню публикуются официальные документы – постановления Правительства России, законодательные и нормативные акты по вопросам АПК, приказы Минсельхоза России.

**Подписку можно оформить через Роспечать (индекс 37138)
и редакцию с любого месяца и на любой период,
перечислив деньги на наш расчетный счет.
Стоимость подписки на 2019 г. с учетом доставки
по Российской Федерации – 4512 руб. с учетом НДС (10%);
376 руб. с учетом НДС (10%) за один номер.**

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел №28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475 / КПП 503801001 ФГБНУ «Росинформагротех»,
л/с 20486Х71280, р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России
по ЦФО БИК 044525000 в назначении платежа указать

**Журнал уже получают тысячи сельхозтоваро-
производителей России и стран СНГ**

В Информационном бюллетене Минсельхоза России
Вы можете разместить свои аналитические
и рекламные материалы, соответствующие целям
и профилю журнала. Размещение рекламы
можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех»
перечислив деньги на наш расчетный счет.

Телефоны для справок: 8 (496) 531-19-92,
(495) 993-55-83,
(495) 993-44-04.

Факс 8 (496) 531-64-90

e-mail: market-fgnu@mail.ru, ivanova-fgnu@mail.ru



the $\mathbb{R}^n$ space, the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space, and the $\mathbb{R}^n$ space is a linear space.

