

УДК 631.811

## ПРОГНОЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ АЗОТОМ И ПОТРЕБНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЯХ

*Г.П. Гамзиков*, д-р биол. наук, профессор, академик РАН

*Новосибирский государственный аграрный университет*



**Ключевые слова:** почвенный азот, минеральные соединения, режим нитратов, прогноз обеспеченности, агротехнический подход, агрохимическое обследование, прогнозирование, градации обеспеченности, азотные удобрения, определение потребности, дозы внесения, эффективность.

*Научно обоснованы особенности питания полевых культур азотом в своеобразных сибирских условиях. Предложены методы диагностики и индексы обеспеченности почв доступным азотом для прогнозирования потребности культур в азотных удобрениях. Эффективность прогноза подтверждается высокой прибавкой урожая при внесении азотных удобрений. Рекомендованы дозы их применения под основные культуры с учётом почвенно-климатических условий и уровней интенсификации ведения земледелия.*

## THE FORECAST OF THE SOILS AND NITROGEN REQUIREMENTS OF FIELD CROPS IN THE NITROGEN FERTILIZER

*G.P. Gomzikov*, doctor of biological Sciences, Professor, academician of the RAN

*Novosibirsk state agrarian university*

**Key words:** soil nitrogen, mineral compounds, nitrates, forecast availability, the agronomic approach, agrochemical examination, prognosis, grading, availability, nitrogen fertilizers, determination of need, the dose of application, effectiveness.

*Scientifically substantiated nutrition of field crops with nitrogen in a kind of cyberbricoleur. The proposed methods of diagnostics and indices of availability of soil nitrogen available to predict the needs of crops in the nitrogen fertilizer. The efficiency of the forecast is confirmed by the high yield increase when n fertilizer application. Recommended doses of their application under the main crops taking into account soil-climatic conditions and levels of intensification of farming.*

Прогнозирование обеспеченности полевых культур азотом почвы и определение их потребности в азотных удобрениях остаётся наиболее сложным в системе эффективного применения удобрений. Это связано как с мобилизационными процессами азотосодержащих органических соединений, интенсивность которых зависит от гидротермических условий и агротехнических факторов, так и с высокой подвижностью соединений минерального азота во времени и в массе почвы. В отличие от соединений фосфора и калия, которые более стабильны, для определения обеспеченности почвенными запасами азота возделываемой культуры необходимо проводить ежегодное агрохимическое обследование.

Многолетними исследованиями сибирских агрохимиков при изучении особенностей режима минеральных соединений азота в чернозёмах была установлена зависимость обеспеченности полевых культур азотом от накопления нитратного азота, что позволило использовать его в качестве диагностического показателя [1–3]. В последующем разработанный метод диагностики азотного питания растений нашёл широкое практическое применение не только в земледелии Западной и Восточной Сибири [3–7], но и других регионов страны [8–11], для которых характерны резкая континентальность климата, длительное значительное промерзание почв и непромывной водный режим. К настоящему времени на-

копилось достаточно много экспериментальных материалов, свидетельствующих о широкой возможности использования содержания в почвах подвижного минерального (сумма  $N-NO_3 + N-NH_4$ ) или только нитратного ( $N-NO_3$ ) азота в Нечерноземье [12–14], ЦЧО [15–17] и Северном Кавказе [18].

*Особенности режима соединений минерального азота в почвах.* Накопление подвижного минерального азота (нитратов и обменного аммония) зависит от количества неспецифических органических веществ (пожнивные и корневые остатки растений, биомасса микроорганизмов и др.) в почве и гидротермических условий для их разложения. В зависимости от предшественника наиболее благоприятные условия для минерализации органических остатков складываются в паровом поле, наименее – под культурами сплошного сева. При этом для накопления нитратов исходное содержание гумуса в почвах не имеет значения, т. к. азот гумусовых веществ вовлекается в процессы разложения незначительно, а если часть их мобильных соединений и минерализуется, то баланс гумуса практически вновь восстанавливается в процессе гумификации тех же неспецифических органических веществ.

Наиболее активно процессы нитрификации развиваются в паровом поле. При соблюдении технологии подготовки пара в почве в течение тёплого периода под влиянием естественного увлажнения и периодических механических обработок создаются благоприятные условия для минерализации накопленных за севооборот неспецифических органических веществ (корни и их выделения, биомасса микроорганизмов, пожнивные и послеуборочные остатки и др.). 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. Такого количества азота в этих почвах, при наличии других элементов питания, обычно бывает достаточно для формирования урожая зерновых до 30–40 ц/га. При урожайности 18–25 ц/га запасов нитратов парового поля с учётом текущей нитрификации хватает для двух-трёх последующих культур севооборота. Следовательно, на почвах с высоким эффективным и потенциальным плодородием при посеве по пару, даже при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, необходимости в применении азотных удобрений не возникает.

Роль парового поля как накопителя нитратов снижается на почвах с более низким содержанием запасов свежего органического вещества. Несмотря на то, что в результате парования в каштановых и светло-каштановых, светло-серых лесных и дерново-подзолистых почвах содержание нитратного азота всегда выше за счёт разложения растительных остатков, чем в других полях севооборота, тем не менее, его не всегда хватает для формирования полноценного урожая. На этих почвах под культуры, высеваемые даже по пару, обычно необходимо дополнительно вносить органические или минеральные азотные удобрения.

Основная обработка почвы оказывает существенное влияние на накопление нитратного азота (табл. 1). Систематические безотвальные обработки в сравнении со вспашкой приводят к снижению содержания этой формы азота в 1,4–1,7 раза. Известно, что при минимизации обработок почвы снижается биологическая активность и, соответственно, накопление нитратов [19, 20]. Ранняя зябь способствует более интенсивному прохождению процессов минерализации, а следовательно, и повышению запасов доступного азота в почвах.

Как правило, после уборки зернобобовых, однолетних трав, донника ранняя зяблевая обработка (в августе-сентябре) позволяет запасти нитратов на уровне средней или повышенной обеспеченности. Аналогично ранняя распашка многолетних трав (июль-август), в отличие от позднего подъёма пласта (сентябрь-октябрь), позволяет создать благоприятные условия для прохождения процессов минерализации органических азотсодержащих веществ и образования высоких запасов минерального азота.

Таблица 1

**Влияние предшественника и способа основной обработки на накопление нитратного азота в чернозёме выщелоченном Омского Прииртышья**

| Обработка почвы | N-NO <sub>3</sub> 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   |

Под культурами сплошного сева в процессе текущей нитрификации накопление нитратного азота небольшое – обычно в пределах 20–40% к исходному его содержанию перед посевом. Под воздействием междурядных обработок под пропашными культурами процессы мобилизации азота проходят в 1,3–1,6 раза интенсивнее, что приводит к лучшему обеспечению растений доступным азотом. В связи с низкой биологической активностью почв под многолетними травами и быстрым потреблением растениями накопление минерального азота в течение лета крайне невысокое. Для злаковых трав необходимо обязательное проведение азотных подкормок ранней весной и после укоса.

На увеличение накопления минеральных соединений азота в почвах существенное влияние оказывают органические и минеральные удобрения. Органические удобрения, содержащие азот в связанном состоянии (торф, солома, свежий подстилочный навоз, сидераты), обычно в меньшей мере улучшают азотный режим в год их внесения. Эти удобрения для лучшего высвобождения закреплённого азота в процессе минерализации эффективнее вносить в паровое поле. Лучшей сидеральной культурой является донник, подсеваемый под замыкающую культуру севооборота (зернофуражные, однолетние травы). После уборки покровной культуры донник хорошо укрепляется, весной рано отрастает и активно набирает надземную и подземную биомассу. Ранняя запашка (во второй половине июня – начале июля) биомассы этой культуры позволяет обрабатывать сидеральный пар по типу чистого. Это даёт возможность увеличить накопление продуктов минерализации при разложении свежего органического вещества, возместить израсходованную донником влагу за счёт летнее-осенних осадков и успеть очистить поле от сорняков, что практически выравнивает по продуктивности эффективность сидерального пара с чистым.

Все промышленные азотные удобрения не только повышают содержание минерального азота, но и способствуют дополнительному накоплению подвижных соединений элемента как за счёт их последствий, так и более активной минерализации почвенных азотсодержащих веществ (экстраазот).

Таким образом, изучение особенностей азотного режима зональных почв Сибири и анализ литературных данных режима минерального азота в почвах других регионов позволили разработать подходы к диагностике азотного питания полевых культур в севооборотах. Для практических целей наиболее перспективны два направления почвенной диагностики: агротехническое и агрохимическое.

*Агротехнический метод определения обеспеченности азотом.* В практической деятельности агроном, фермер, руководитель хозяйства не всегда могут иметь материалы количественной характеристики содержания доступного азота в почвах. Весной часто возникают ситуации, когда необходимо быстро сориентироваться по поводу возможной обеспеченности культур азотом и целесообразности применения азотных удобрений. В этом случае можно воспользоваться агротехническим методом, основанным на учёте закономерностей накопления нитратов в зональных почвах в зависимости от агротехнического фона. Количество нитратного азота находится в прямой зависимости от предшествующих культур и технологий их возделывания: предшественника в севообороте, сроков и приёмов основной обработки почвы,

способов посева культур и интенсивности междурядных обработок пропашных культур. Этот метод наиболее прост в исполнении, но, несомненно, несколько условен, поскольку не имеет конкретных количественных характеристик содержания доступного азота [3, 21]. Тем не менее, при соблюдении зональных технологических приёмов обработки почв, подготовки паров и возделывания сельскохозяйственных культур он даёт вполне удовлетворительные результаты по определению обеспеченности культур севооборота нитратами.

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. 2).

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 на этих почвах накапливается доступного азота лишь на уровне средней, после других предшественников – низкой обеспеченности. Следовательно, преобладающая доля пашни, расположенной на дерново-подзолистых, серых лесных и каштановых почвах, а также чернозёмах южных, ежегодно слабо обеспечена доступным азотом.

Таблица 2

**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     | =<br>30–40            |
| Все остальные предшественники                                                                                    | Низкая и очень низкая | Сильная и очень сильная         | 40–60                                   | 40–60     | <u>30–40</u><br>40–60 |
| Серые лесные, чернозёмы южные и тёмно-каштановые почвы                                                           |                       |                                 |                                         |           |                       |
| Пар чистый, занятый и сидеральный при летней запашке биомассы                                                    | Средняя               | Средняя                         | 20–30                                   | 30–40     | =<br>20–30            |
| Все остальные предшественники                                                                                    | Низкая и очень низкая | Сильная и очень сильная         | 30–50                                   | 40–60     | <u>20–30</u><br>40–60 |
| Чернозёмы оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные, тёмно-серые и лугово-чернозёмные почвы                       |                       |                                 |                                         |           |                       |
| Пар чистый и сидеральный при летней запашке, 1-я культура после пара, пропашные ранней зяби, летнему пласту трав | Высокая               | Отсутствует                     | -                                       | -         | -                     |
| Пар занятый, 2-я культура после пара, пропашные, зернобобовые, однолетние травы, оборот пласта многолетних трав  | Средняя               | Средняя                         | 20–30                                   | 30–40     | –<br>20–30            |
| Все остальные предшественники                                                                                    | Низкая и очень низкая | Сильная и очень сильная         | 30–40                                   | 40–60     | <u>20–30</u><br>30–40 |

\* В таблице даны дозы удобрений, рассчитанные на ординарную технологию возделывания полевых культур, при экстенсивной технологии дозы снижаются наполовину, при интенсивной увеличиваются в 2–3 раза. \*\* Числитель – доза азота при посеве трав, знаменатель – при подкормке трав в годы пользования.



Наиболее высокое накопление нитратного азота для растений характерно для чернозёмов, тёмно-серых лесных и лугово-чернозёмных почв. Около половины полей севооборотов имеют высокую и среднюю обеспеченность азотом. На другой части полей (после зернофуражных и пласта многолетних трав поздней распашки, злаковые многолетние травы и др.) требуется применение азотных удобрений.

Уровни продуктивности предшествующей культуры, степень удобренности, засорённость посевов могут вносить существенные коррективы в предлагаемую схему. При высокой урожайности культур, поздней уборке урожая, сильной засорённости посевов и жнивья, запоздалой зяблевой обработке и при посеве по весновспашке, а также при систематических нулевых обработках 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 нитратным азотом будущего урожая будет достаточной.

Метод, несмотря на его ориентировочный характер, даёт представление 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, планировать потребность и размещение азотных удобрений в полях севооборота. Умелое использование предлагаемого подхода к диагностике азотного питания растений даёт возможность без дополнительных затрат эффективно использовать азотные удобрения, добиваясь устойчивой урожайности, повышения качества продукции и получения наибольшей отдачи товарной продукции на каждый внесённый килограмм азота с удобрениями.

*Агрохимический метод определения обеспеченности.* Наиболее достоверным методом прогноза обеспеченности полевых культур азотом и определения потребности их в азотных удобрениях является ежегодное агрохимическое обследование на содержание в почвах подвижного минерального (сумма  $N-NO_3$  и  $N-NH_4$ ) или только одного нитратного ( $N-NO_3$ ) азота. Метод широко освоен агрохимслужбой не только в Сибири, но и в Зауралье, Поволжье и других регионах страны.

Агрохимическое обследование почв полей севооборотов на содержание подвижных форм минерального (сумма нитратного и обменного аммонийного) или только нитратного азота проводится подразделениями государственной агрохимической службы по заказу хозяйств. На основании полевого отбора почвенных образцов, аналитического определения содержания азота в образцах и камеральной обработки материалов составляются рекомендации по применению азотных удобрений под полевые культуры. Для каждой почвенно-климатической зоны даётся информация об обеспеченности почв полей севооборотов нитратами или суммарным количеством подвижного минерального азота. Одновременно рекомендуются приёмы и дозы внесения азотных удобрений на полях и под культуры, где выявлена недостаточная обеспеченность почвенным азотом.

Выбор формы азота и глубины взятия образцов зависит от зональных и провинциальных особенностей почвенного покрова, гидротермического режима и интенсивности биологической активности почв той территории, где намечается проводить обследование. **В пределах Сибири, Зауралья, Поволжья и Предуралья агрохимическое обследование почв достаточно проводить по содержанию  $N-NO_3$ .** При этом в Восточной Сибири содержание нитратного азота можно определять только в пахотном слое, в Западной Сибири, Предуралье и Поволжье – в слое 0–40 см. В условиях Нечернозёмья, ЦЧО и Северного Кавказа более достоверные результаты для прогноза обеспеченности растений азотом даёт сумма подвижного минерального азота ( $N-NO_3 + N-NH_4$ ). В этих регионах оптимальная глубина взятия почвенных образцов обычно составляет 0–60 см. При разных погодных условиях (засуха, переувлажнение и т. д.) глубина отбора образцов может меняться от 0–40 до 0–100 см в зависимости от характера распределения минерального азота по профилю почв. Контрольный отбор образцов перед массовым обследованием позво-

ляет определить форму азота и наиболее оптимальную глубину их взятия с учётом сложившихся гидротермических условий года. Оптимальным для агрохимического обследования считается тот слой, в котором средневзвешенное содержание подвижного минерального (или нитратного) азота превышает 50% от его количества в слое 0–100 см.

Агрохимическое обследование с целью диагностики обеспеченности растений подвижным минеральным или нитратным азотом под озимые культуры во всех регионах проводят перед посевом, для определения необходимости проведения подкормок – ранней весной.

Прогноз обеспеченности нитратным азотом яровых культур на сезонно-мерзлотных почвах Сибири, Урала, Поволжья и Зауралья можно проводить в два срока: поздней осенью или весной до посева. На территориях континентального климата содержание нитратов в течение периода осень – зима – весна остаётся, как правило, в пределах одного класса обеспеченности.

Осеннее агрохимическое обследование проводят после торможения процессов минерализации, т.е. при затухании микробиологической деятельности. Такой период наступает при снижении среднесуточной температуры на глубине пахотного слоя ниже 10 °С. В каждой природной зоне начало осеннего агрохимического обследования по обеспеченности азотом уточняется на основании данных метеостанций. Весенний отбор образцов, как правило, проводится на небольших территориях и для уточнения осенних результатов.

В практике предпочтительнее использовать осенний отбор образцов, что позволит агрохимслужбе в зимний период проанализировать почвенные образцы и задолго до посева выдать специалистам крупных сельскохозяйственных предприятий, руководителям крестьянских хозяйств и фермерам результаты обеспеченности полей доступным азотом и соответствующие рекомендации по размещению азотных удобрений в полях севооборотов. Следовательно, товаропроизводитель в зависимости от исходного содержания нитратного азота в почве и планируемого урожая имеет возможность рассчитать потребность в удобрениях и, соответственно, их приобрести.

В европейской части страны, где почвы промерзают на небольшую глубину и на короткий период, более объективную информацию дают весенние сроки отбора образцов.

Уровни обеспеченности культур доступными соединениями минерального азота за счёт почвенных запасов и потребности в дополнительном внесении азотных удобрений устанавливаются в соответствии с предлагаемыми градациями (табл. 3). Для диагностики азотного питания полевых культур на территориях с мерзлотным и сезонно-мерзлотным режимом почв целесообразнее использовать исходное содержание только нитратного азота, на территориях с коротким периодом и неглубоким промерзанием почв более надёжна сумма нитратного и аммонийного азота.

Таблица 3

**Индексы обеспеченности растений минеральными соединениями почвенного азота (мг/кг) и определения потребности культур в азотных удобрениях [6]**

| Обеспеченность азотом                          | 0–20 см | 0–40 см | 0–60 см | Потребность в удобрении |
|------------------------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|
| <i>N – NO<sub>3</sub></i>                      |         |         |         |                         |
| 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             |
| <i>N – NO<sub>3</sub> + N – NH<sub>4</sub></i> |         |         |         |                         |
| Очень низкая                                   | < 15    | < 7     | < 5     | Очень высокая           |
| Низкая                                         | 15–30   | 7–15    | 5–10    | Высокая                 |
| Средняя                                        | 30–50   | 15–25   | 10–20   | Средняя                 |
| Высокая                                        | > 50    | > 25    | > 20    | Отсутствует             |

*Примечание.* В диагностических целях содержание минеральных соединений азота в слое 0–20 см используется на мерзлотных и сезонно-мерзлотных почвах Средней и Восточной Сибири, в слое 0–40 см – на сезонно-мерзлотных почвах Западной Сибири, Зауралья, Предуралья и Поволжья, в слое 0–60 см – на почвах Нечерноземья, ЦЧО и Северного Кавказа.

На основании информации, полученной в результате агрохимического обследования, определяется потребность культур севооборота в азотных удобрениях. В зависимости от культуры, планируемой продуктивности и технологии их применения корректируются нормы внесения азота. Дозы удобрений, сроки и способы внесения определяют в каждом конкретном случае, исходя из планируемой продуктивности, технологических и экономических возможностей хозяйства.

В табл. 4 приведены нормы внесения азота для отдельных групп культур (зерновые, пропашные, многолетние травы), разработанные на основе большого числа полевых опытов, проведенных в разных почвенно-климатических зонах Сибири. Дозы рекомендуются с учётом исходного содержания нитратного азота в почве и возможной текущей нитрификации. Нормы удобрений рассчитаны на разные уровни технологий возделывания сельскохозяйственных культур в хозяйствах: экстенсивную с уровнем продуктивности 7–16 ц/га зерновых единиц, ординарную или обычную – 12–20 ц/га и интенсивную – 20–40 ц/га и выше.

Таблица 4

**Ориентировочные нормы внесения азотных удобрений (кг д.в/га) под полевые культуры по почвенно-климатическим зонам Сибири в зависимости от обеспеченности почв нитратным азотом и интенсивности их возделывания**

| Обеспеченность нитратным азотом                          | Потребность в азотном удобрении | Тайга, подтайга |           |        | Лесостепь |           |        | Степь    |           |       |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|----------|-----------|-------|
|                                                          |                                 | зерновые        | пропашные | травы  | зерновые  | пропашные | травы  | зерновые | пропашные | травы |
| Экстенсивная технология возделывания культур (7–16 ц/га) |                                 |                 |           |        |           |           |        |          |           |       |
| Очень низкая                                             | Очень сильная                   | 20–30           | 20–30     | -      | 15–20     | 15–20     | 15–20  | 8–10     | 8–10      | -     |
| Низкая                                                   | Сильная                         | 10–15           | 10–20     | -      | 8–10      | 8–10      | -      | -        | -         | -     |
| Средняя                                                  | Средняя                         | -               | -         | -      | -         | -         | -      | -        | -         | -     |
| Высокая                                                  | Отсутствует                     | -               | -         | -      | -         | -         | -      | -        | -         | -     |
| Ординарная технология возделывания культур (16–20 ц/га)  |                                 |                 |           |        |           |           |        |          |           |       |
| Очень низкая                                             | Очень сильная                   | 30–40           | 40–60     | 40–60  | 20–30     | 20–30     | 30–40  | 10–15    | 20–30     | 20–30 |
| Низкая                                                   | Сильная                         | 20–30           | 30–40     | 30–40  | 10–20     | 10–20     | 20–30  | 8–10     | 10–20     | 10–20 |
| Средняя                                                  | Средняя                         | 10–20           | 10–20     | -      | -         | -         | -      | -        | -         | -     |
| Высокая                                                  | Отсутствует                     | -               | -         | -      | -         | -         | -      | -        | -         | -     |
| Интенсивная технология возделывания культур (20–40 ц/га) |                                 |                 |           |        |           |           |        |          |           |       |
| Очень низкая                                             | Очень сильная                   | 80–90           | 90–120    | 90–120 | 60–80     | 80–100    | 80–100 | 40–60    | 60–80     | 60–80 |
| Низкая                                                   | Сильная                         | 60–80           | 70–90     | 70–90  | 40–60     | 60–80     | 60–80  | 30–40    | 50–60     | 40–60 |
| Средняя                                                  | Средняя                         | 40–60           | 50–70     | 50–70  | 30–40     | 40–60     | 40–60  | 15–30    | 30–50     | 30–40 |
| Высокая                                                  | Отсутствует                     | -               | -         | -      | -         | -         | -      | -        | -         | -     |

При экстенсивной системе ведения хозяйства улучшение азотного режима проводится в основном за счёт мобилизации почвенного плодородия, увеличения площадей под чистыми парами, ранней зяблевой обработки почв, августовской распашки многолетних трав, между-рядных рыхлений пропашных культур. Переход в степи и лесостепи на короткоротационные севообороты (3–4-польные), а в некоторых хозяйствах – на двухпольные (пар-посев), как временную меру, не только даёт возможность очистить поля от сорняков, но и позволяет создать благоприятные условия азотного питания. В значительной мере улучшению обеспеченности запасами азота способствуют сидеральные культуры, пожнивные посевы, заплата соломы и других послеуборочных остатков, насыщение севооборотов бобовыми однолетними и многолетними культурами. Минеральные удобрения при экстенсивной системе вносят в основном в рядки при посеве в виде азотных или комплексных удобрений.

Ординарная система ведения хозяйства, наряду с улучшением азотного режима за счёт биологических ресурсов, допускает применение азотных удобрений на всех полях недостаточной обеспеченности минеральными соединениями азота 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 интенсивном земледелии азотные удобрения, как и другие туки, вносят из расчёта на планируемую урожайность и максимальную оплату продукцией единицы NPK. Удобрения можно вносить в качестве основного под вспашку и глубокую культивацию, а также дробно в течение вегетации растений при корневой и внекорневой подкормках.

При всех системах земледелия следует помнить, что в сибирских условиях в 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, 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: 1) все азотные удобрения для предотвращения потерь следует заделывать в почву на глубину 10–12 см; 2) азотные удобрения дают заметную прибавку урожая не только в первый год, но в последующие 2–3 года, последствие туков в среднем составляет 40–50%; 3) при внесении азотных удобрений следует учитывать обеспеченность почв подвижными формами фосфора и калия (особенно это важно при интенсивных технологиях); 4) наибольшая положительная отзывчивость на удобрения свойственна сортам интенсивного типа, для них характерна и высокая экономическая окупаемость; 5) оплата продукцией 1 кг внесённого азота с удобрениями за год действия и 2 года последствия составляет 10–12 кг зерна и более.

*Оправдываемость агрохимического прогноза.* Многолетняя проверка агрохимического метода диагностики обеспеченности почв доступным азотом на землях Омской, Новосибирской областей, Алтайского и Красноярского краёв 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 урожайность полевых культур, улучшать качество зерна и кормов, увеличивать экономическую эффективность применения азотных удобрений и сохранять экологическое равновесие в агроценозах. Хорошая аналитическая база агрохимслужбы, небольшие затраты на агрохимическое обследование почв и высокая оправдываемость прогноза убеждают в целесообразности широкого производственного использования предлагаемых подходов.

В течение ряда лет в научных и производственных опытах на всех основных почвах региона проводилась проверка оправдываемости прогноза азотного питания культур (табл. 5). Результаты подтверждают значительные прибавки урожая зерна при очень низкой и низкой исходной обеспеченности почв нитратами. При высокой обеспеченности азотные удобрения, как правило, не оказывают положительного влияния на продуктивность культур. В зависимости от уровня увлажнения и типа почв отзывчивость на внесение экзогенного азота была наивысшей на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. В степной зоне на каштановых почвах уровень прибавок от внесённого азота был существенно ниже в связи с недостаточным увлажнением.

Таблица 5

**Оправдываемость урожая зерна (ц/га) агрохимического прогноза эффективности азотных удобрений при внесении под яровую пшеницу в зависимости от обеспеченности нитратным азотом сибирских почв при ординарной технологии возделывания**

| Обеспеченность азотом                                       | N-NO <sub>3</sub> в почве, мг/кг | Дерново-подзолистые             |           | Серые лесные                    |           | Чернозёмы                       |            | Каштановые                |            |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|------------|---------------------------|------------|
|                                                             |                                  | n                               | прибавка  | n                               | прибавка  | n                               | прибавка   | n                         | 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 <sub>3</sub> 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 |            |



Итак, для резко-континентальных сибирских условий учёными-агрохимиками разработана, апробирована и предлагается для повсеместного освоения в земледелии региона система 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 предложенных градаций обеспеченности и сезонных агрохимических картограмм и рекомендаций определять дозы внесения азотных удобрений, прогнозировать ожидаемую прибавку урожая и окупаемость 1 кг азота основной и побочной продукцией.

Результаты широкой производственной проверки в регионе, изложенных подходов почвенной диагностики подтверждают высокую их эффективность. Затраты времени и труда на агрохимическое обследование и составление планов применения удобрений хорошо 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 в год действия с 3–4 до 7–9 кг зерна, с учётом последствий – до 10–12 кг зерна, при этом выход белка возрастает в 1,3–1,5 раза.

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, в перспективе довести до 470 тыс. [22].

Освоение изложенных подходов почвенной диагностики азотного питания полевых культур позволяет за счёт правильного распределения азотных удобрений по полям севооборота оптимизировать питание растений, исключить непродуктивный расход почвенного и промышленного азота, предотвратить загрязнение окружающей среды. Затраты времени, труда и финансов на агрохимическое обследование и составление планов применения удобрений экономически оправдываются. Несомненно, что рациональное применение азотных удобрений в сибирском земледелии послужит эффективным вкладом в решение проблем продовольственной безопасности страны.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочергин А. Е. Определение потребности сельскохозяйственных растений в азотных удобрениях на черноземах Сибири // Тр. СибНИИСХ. – Омск, 1961. – № 6. – С. 34–39.
2. Кочергин А. Е., Гамзиков Г. П. Эффективность азотных удобрений в чернозёмной зоне Западной Сибири // Агрохимия. – 1972. – № 6. – С. 3–10.
3. Гамзиков Г. П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 266 с.
4. Крупкин П. И. Эффективность азотных удобрений в связи с содержанием азота и другими агрохимическими показателями почв Средней Сибири // Агрохимия. – 1982. – № 11. – С. 3–12.
5. Рекомендации по диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в Сибири / под ред. А. Е. Кочергина и Г. П. Гамзикова. – Новосибирск, 1983. – 30 с.
6. 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. 33–55.
7. Мальцев В. Т. Азотные удобрения в Приангарье / РАСХН. Сиб. отд-ние. Иркут. НИИСХ. – Новосибирск, 2001. – 272 с.
8. 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.

9. Ломако Е. И. Влияние доз и сроков проведения азотных подкормок на урожай и качество зерна озимой пшеницы // *Агрохимия*. – 1998. – № 11. – С. 31–38.
10. Новосёлов С. И. Совершенствование методов почвенно-растительной диагностики азотного питания озимой ржи в Волго-Вятском регионе // *Совершенствование методов почвенно-растительной диагностики азотного питания растений и технологий применения удобрений на их основе*. – М.: ВНИПТИХИМ, 2000. – С. 90–94.
11. Обущенко В. Я. Использование результатов почвенно-растительной диагностики для рационального применения азотных удобрений в Самарской области / Там же. – С. 160–164.
12. Никитишен В. И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии. – М.: Наука, 1984. – 214 с.
13. Шафран С. А. Диагностика азотного питания озимых зерновых культур в Нечернозёмной зоне // *Агрохимия*. – 1996. – № 7. – С. 10–21.
14. Окорков В. В. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур на серых лесных почвах Владимирского Ополя // *Научные основы и рекомендации по диагностике и оптимизации минерального питания зерновых и других культур*. – М.: Агроконсалт, 2000. – С. 29–36.
15. Никитин В. В. Оптимизация минерального питания культур зерно-свекловичного севооборота на чернозёмах типичных Юго-Запада ЦЧЗ: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М.: ВНИИАгроэкоинформ, 1998. – 40 с.
16. Акулов П. Г., Доманов Н. М., Афанасьев Р. А. Оптимизация азотного питания озимой пшеницы в интенсивной технологии её возделывания на типичных чернозёмах ЦЧО // *Бюллетень ВИУА*. – М.: ВИУА, 1990. – № 98. – С. 54–55.
17. Шапошникова И. М., Звягинцева З. В. Почвенная и растительная диагностика // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1989. – № 10. – С. 57–59.
18. Ширинян М. Х., Афанасьев Р. А., Коробской Н. Ф. Диагностика и оптимизация минерального питания озимой пшеницы на обыкновенных чернозёмах Северного Кавказа // *Научные основы и рекомендации по диагностике и оптимизации минерального питания зерновых и других культур*. – М.: Агроконсалт, 2000. – С. 55–58.
19. Кирюшин В. И., Данилова А. А. Биологическая активность выщелоченного чернозёма Приобья в связи с интенсификацией возделывания зерновых культур // *Агрохимия*. – 1990. – № 9. – С. 79–86.
20. Холмов В. Г., Юшкевич Л. В. Интенсификация и ресурсы сбережения в земледелии лесостепи Западной Сибири. – Омск: ОмГАУ, 2006. – 396 с.
21. Гамзиков Г. П. Агрохимия азота в агроценозах / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отд-ние. Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2013. – 790 с.
22. Гамзиков Г. П. Проблемы агрохимии в современном земледелии // *Инновации и продовольственная безопасность*. – 2013. – № 1. – С. 88–100.