



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра природопользования и устойчивого развития полярных областей

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

На тему: Влияние минеральных и органических удобрений на распределение нитратного азота в системах почва - растения и почва - водная среда

Исполнитель: Коноплева Мария Борисовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: доктор биологических наук
(ученая степень, ученое звание)

Витковская Светлана Евгеньевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Макеев Вячеслав Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

«18» 06 2017г.

Санкт-Петербург

2017



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра природопользования и устойчивого развития полярных областей

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

На тему: Влияние минеральных и органических удобрений на распределение нитратного азота в системах почва - растения и почва - водная среда

Исполнитель: Коноплева Мария Борисовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: доктор биологических наук
(ученая степень, ученое звание)

Витковская Светлана Евгеньевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой _____

(подпись)

кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Макеев Вячеслав Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

Санкт-Петербург

2017

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Основные виды удобрений и их применение	5
1.1 Роль азота, фосфора и калия в питании растений	6
1.2 Фосфорные удобрения.....	8
1.3 Азотные удобрения	10
1.4 Органические удобрения.....	11
Глава 2. Азот в современной земледелии	14
2.1 Использование удобрений в XIX-XX веках.....	14
2.2 Потери азота из почвы.....	16
2.3 Обеспеченность сельскохозяйственных культур азотом.....	21
Глава 3. Распределение нитратного азота в системах почва – растение и почва – водная среда.....	24
3.1 Влияние азотных и органических удобрений на содержание нитратного азота в почве и растениях	27
3.1.1 Распределение нитратного и аммонийного азота в почве и растениях картофеля.	28
3.1.2 Распределение нитратного и аммонийного азота в почве и растениях пшеницы.....	29
3.2 Влияние азотных и органических удобрений на миграцию азота в системе почва - водная среда	31
3.2.1 Эвтрофикация.....	32
Глава 4. Возможные последствия использования удобрений.....	36
4.1 Влияние нитратного азота на здоровье человека	37
4.2 Приемы сохранения экологически безопасного состояния почв и водной среды при применении удобрений	39
Выводы.....	45
Список использованной литературы:	46

Введение

В настоящее время главной задачей земледелия является увеличение урожайности культурных растений. Для этого в сельском хозяйстве используются технологии, которые предусматривают интенсивное применение минеральных удобрений, ядохимикатов, многократную обработку почвы, превращение на обширных территориях естественных биоценозов в искусственные. Направленность на индустриально-технологические системы земледелия позволила многим развитым странам в относительно короткий отрезок времени значительно увеличить объемы производства продуктов питания (Мишустин, 1979).

Нерегулируемое использование средств химизации является одним из факторов ухудшения окружающей среды. Вносимые в почву агрохимикаты распределяются в системах почва-растение, почва-водная среда, почва-атмосферный воздух. Нарушение регламентов применения минеральных и органических удобрений (внесение повышенных доз) может приводить к возрастанию содержания нитратного азота в почве, сельскохозяйственной продукции, грунтовых водах. Употребление в пищу продуктов с повышенным содержанием нитратов представляет опасность для здоровья населения. Контроль содержания нитратного азота в почвах сельскохозяйственных угодий и продуктах растениеводства является необходимым условием получения, соответствующей санитарным нормам, производимой продукции.

Разработка технологий экологически безопасного использования удобрений актуальна в настоящее время. Негативное воздействие органических и азотных удобрений на окружающую среду связано прежде всего, с изменением направленности процессов трансформации азота в почве; изменением потоков миграции азота в почве и водных экосистемах; усилением образования газообразных азотистых соединений (Мишустин, 1979).

Цель данной работы – выявить влияние минеральных и органических удобрений на распределение нитратного азота в системах почва - растения и почва - водная среда.

Задачи:

- изучить виды минеральных и органических удобрений;
- обобщить имеющуюся информацию о применении азота в современном земледелии;
- на основе экспериментальных данных, показать влияние минеральных и органических удобрений на накопление нитратного и аммонийного азота сельскохозяйственными культурами;
- оценить возможные последствия применения удобрений на окружающую среду и здоровье человека;
- рассмотреть приемы сохранения экологически безопасного состояния почв и водной среды при применении удобрений.

Работа выполнена на основе анализа литературных данных.

Структура и объем работы: работа изложена на 52 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 4 глав и заключения. Включает 8 таблиц, 4 рисунка. Список литературы содержит 51 источник.

Глава 1. Основные виды удобрений и их применение

Применение удобрений в сельском хозяйстве играет важную роль в повышении урожайности, управлении плодородием почв и пищевой ценности сельскохозяйственных культур. Нарушение гигиенических и агрохимических регламентов применения удобрений приводит к чрезмерному накоплению их в почве, растениях они загрязняют пищевые продукты и продовольственное сырье, тем самым оказывая токсическое действие на организм человека. В зависимости от химического состава различают удобрения азотные, фосфорные, известковые, калийные, бактериальные, микроудобрения, комплексные и другие (рис. 1) (Мусин, Нуриев, 2006).



Рисунок 1. Основные виды удобрений (<http://garden-zoo.ru/>)

Необходимость в удобрениях объясняется тем, что естественный круговорот азота, фосфора, калия, других питательных для растений соединений, не может восполнить потерь этих биоэлементов, выносимых из почвы с урожаем. Важно правильно определять дозы и соотношения питательных элементов, выбирать оптимальные формы удобрений, сроки и способы их внесения. Все это позволяет повысить усвояемость питательных элементов удобрений сельскохозяйственными растениями, и, следовательно, снижать потери минеральных удобрений в окружающую среду (Смирнов, Муравин, 1977).

1.1 Роль азота, фосфора и калия в питании растений

Азот – основной элемент питания всех растений. Содержание его в растениях в среднем составляет около 1-3% от массы сухого вещества. Основные формы на Земле – газообразный молекулярный азот атмосферы, который составляет около 76 % воздуха по массе и связанный азот литосферы. Но молекулярный азот атмосферы не может усваиваться высшими растениями. В почве содержится лишь минимальная часть литосферного азота и только от 0,5 до 2 процентов почвенного азота доступно растениям. Такой азот представлен в форме NO_3^- и NH_4^+ -ионов. Ион NO_3^- подвижен, плохо фиксируется в почве и легко вымывается поверхностными водами в водоемы и глубже по профилю почвы. Содержание нитратов в почве повышается весной, когда создаются благоприятные условия для деятельности нитрифицирующих бактерий. Катионы NH_4^+ менее подвижны, хорошо адсорбируются отрицательно заряженными частицами, меньше вымываются осадками (<http://ifreestore.net/1348/17/>).

Степень азотного питания определяет размеры и интенсивность синтеза белка и других азотистых органических соединений в растениях и, следовательно, ростовой процесс. Нехватка азота отражается особенно на росте вегетативных органов. Отличительным показателем азотного голодания растений является замедление роста вегетативных органов и, из-за нарушения выработки хлорофилла, появление бледно-зеленой или желто-зеленой окраски листьев.

Так как азот повторно используется растениями, признаки его дефицита появляются, прежде всего, у нижних листьев. При длительном и остром азотном голодании, в зависимости от вида растений, бледно-зеленый цвет листьев растений переходит в различные тона красного, желтого и оранжевого цвета, после этого пораженные листья высыхают и отмирают. При полноценном обеспечении азотом листья должны быть темно-зеленые, растения хорошо кустятся и формировать мощный стебле - листовой аппарат, а затем полноценные репродуктивные органы. Избыток снабжения растений азотом вызывает замедление их развития (созревания) и ухудшает структуру урожая. Растения образуют большую вегетативную массу в ущерб товарной части урожая. У клубне- и корнеплодов избыток азота может привести к израстанию ботвы, а у льна и зерновых — к полеганию посевов (Белоголовцев, Нарушева 2014).

Калий также является одним из основных элементов питания растений, наряду с азотом и фосфором. В растениях его количество в среднем составляет 0,3 процента по массе, причем, практически весь он находится в ионной форме. Часть из этого находится в структурных элементах клетки, другая часть – в клеточном соке. Роль калия в жизни растений многообразна и велика. Он содержится в листьях, корнях, стеблях, плодах, причем в вегетативных органах его, обычно, больше, чем в плодах. Также в старых растениях калия меньше, чем в молодых. Он способен регулировать транспорт углерода в растениях, в результате в плодах и ягодах, при созревании, увеличивается количество сахара, в растительных клетках активизирует синтез органических веществ. Нормальная обеспеченность растений калием увеличивает рост луковиц, корней и клубней, а также повышает их зимостойкость. Калий способствует поддержанию водного баланса в растениях, влияет на азотный обмен. При остром дефиците калия в клетках накапливается избыток аммиака, что замедляет процесс дыхания, фотосинтеза и растяжения клеток, что в свою очередь, может вызывать гибель ростового кончика, нарушается окраска листьев и даже их опадение, приводит к гибели растения. При недостатке калия плоды у фруктов становятся менее

сладкими, зерно у злаков – щуплое и невсхожее. Отсутствие калия также приводит растение к гибели (Боглова, Шапошникова, Фандо 2008).

Фосфор. Большая часть этого элемента находится в растениях в виде органических соединений. Он входит в состав белков, ядра клеток, нуклеопротеидов, нуклеиновых кислот, ферментов, фитина, витаминов, липидов, участвует в образовании и превращении углеводов и азотистых веществ, в процессах дыхания и брожения. Фосфор является носителем энергии в растении, так как он способен образовывать соединения с большими запасами энергии. Нормальное снабжение растений этим элементом сокращает период созревания, ускоряет образование органов плодоношения. Все растения чувствительны к недостатку фосфора в раннем возрасте, когда усваиваемая способность неразвитой корневой системы крайне слаба. Достаточная обеспеченность растений фосфором способствует повышению зимостойкости растений, увеличивает содержание углеводов в растениях, способствует более глубокому проникновению корней в почву. Разнообразные формы фосфорных соединений, имеющих разную растворимость и находящихся в почве в разных количественных соотношениях, принимают участие в питании растений. Неусвояемые растениями органические фосфаты составляют значительную долю от валовых запасов фосфора. Растения используют лишь небольшую часть подвижных фосфатов, которые содержатся в почве (около 5 - 15%). Этот процесс находится в тесной зависимости от ряда агрохимических свойств почв, и прежде всего от кислотности, содержания фосфора в почве, гумуса, наличия подвижного алюминия. Фосфор оказывает большое влияние на плодородие почв с высоким содержанием алюминия, железа, марганца, он связывает эти элементы, снижая их отрицательное воздействие на продуктивность растений (Кузнецов, 2007).

1.2 Фосфорные удобрения

Сложные процессы превращения в усвояемую форму недоступных для растений минеральных и органических соединений фосфора протекают крайне

медленно. Доступных соединений фосфора в почве содержится обычно очень мало, даже несмотря на большие общие запасы, и поэтому, чтобы получать устойчивые и высокие урожаи, необходимо вносить фосфорные удобрения (Михайлова, 2015).

Существуют следующие виды фосфорных удобрений:

1) Водорастворимые фосфорные удобрения. Они включают в себя водорастворимые фосфорные соединения, которые легко усваиваются растениями. К такой группе можно отнести суперфосфат. По способу производства и содержанию оксида фосфора (5) суперфосфаты делятся на простые и двойные (тройные), по консистенции различают – гранулированные и порошковидные:

- суперфосфат простой;
- суперфос;
- суперфосфат двойной.

2) Лимонно- и цитратнорастворимые фосфорные удобрения. Содержат фосфорные соединения, не растворимые в воде, но растворимые в слабых кислотах (2%-ной лимонной кислоте). Используются для основного внесения. Применяются на всех почвах, под все культуры. Особенно эффективны на кислых:

- костная мука;
- термофосфаты;
- преципитат.

3) Труднорастворимые. Удобрения содержат фосфорные соединения, не растворимые в воде, плохо растворяются в слабых кислотах и полностью растворяются в сильных кислотах (азотной и серной):

- фосфоритная мука;
- вивианит (болотная руда) (<http://www.pesticide.ru/>).

1.3 Азотные удобрения

Азотные удобрения по составу делятся на 5 групп: аммиачные, нитратные, аммонийные, амидные, аммонийно-нитратные.

Аммиачные удобрения. Они содержат азот в хорошо усвояемой растениями аммиачной (аммонийной) форме. Необходимый для производства этих удобрений аммиак синтезируется из азота атмосферы или утилизируется из отходящих газов в процессе коксования каменного угля. Эти удобрения относятся к физиологически кислым в связи с избирательным поглощением растениями аммиака и постепенным переходом его в почве в нитраты под влиянием нитрифицирующих бактерий. Аммиачные удобрения достаточно хорошо поглощаются почвой, что защищает их от вымывания, особенно при осеннем внесении на легких почвах. К аммиачным азотным удобрениям относятся аммиачная вода, жидкий (безводный) аммиак, сульфат аммония, хлористый аммоний и сульфат аммония-натрия (Кузнецов, 2007).

Аммиачно-нитратные удобрения. Эти удобрения содержат азот в аммиачной и нитратной формах. К ним относят аммиачную селитру и известково-аммиачную селитру.

Нитратные удобрения содержат азот в виде нитратов - солей азотной кислоты (HNO_3). Они не поглощаются почвой, хорошо растворимы в воде и поэтому легко вымываются из пахотного слоя в грунтовые воды при внесении удобрений задолго до посева сельскохозяйственных культур. Именно из-за этого во влажных районах, особенно на легких почвах, вносить их под яровые культуры осенью бессмысленно. Нитратные удобрения легко усваиваются растениями. Когда растениям требуется усиленное азотное питание, они наиболее пригодны для припосевного внесения и подкормки. К нитратным азотным удобрениям относятся кальциевая и натриевая селитра (Кузнецов, 2007).

Амидные удобрения. Такие удобрения содержат азот в амидной форме. В почве амиды превращаются в аммиак и нитраты. К амидным азотным удобрениям

ниям относятся: карбамид, мочевино - формальдегидные удобрения и цианид кальция (Кузнецов, 2007).

1.4 Органические удобрения

Органические удобрения – удобрительные органические вещества животного, растительного, растительно-животного и промышленно-бытового происхождения разной степени разложения. Органические удобрения содержат почти все необходимые питательные вещества для растений, поэтому их называют полным удобрением. С 40 т подстилочного навоза в почву поступает 200 кг азота, 100 кг фосфора, 240 кг калия, что соответствует 6 ц аммонийной селитры, 2,5 ц двойного суперфосфата и 4 ц хлористого калия, 280 кг карбоната кальция (известки) (Михайлова, 2015). Органические удобрения, в основном, не транспортируют, применяют на местах или недалеко от производства и называют местными (<http://www.pesticidy.ru/>).

К органическим удобрениям относят навоз (подстилочный, бесподстилочный, навозную жижу), птичий помет, сапропель, торф, хозяйственные отходы, компосты, зеленые удобрения, промышленные отходы (лигнин), остатки сточных вод (Вильдфлуш, Кукреш, Ионас, 2001).

Применение навоза и других органических удобрений позволяет повторно вовлекать в круговорот питательных веществ в земледелии часть элементов питания, ранее вынесенных из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур, с пищевой продукцией и растительными кормами. Из трех основных макроэлементов при рациональном использовании растениеводческой и овощеводческой продукции в хозяйствах вынесенный растениями азот возвращается в почву на 20-30%, фосфор – на 15-20%, калий – на 50-60% (Михайлова, 2015).

1) Навоз

Навоз – смесь жидких и твердых экскрементов различных животных. В зависимости от технологии содержания животных получают подстилочный и бесподстилочный навоз. Они различаются по составу, но и по способам исполь-

зования и хранения. При хранении навоза образуется навозная жижа. Навоз оказывает комплексное многостороннее воздействие на почву и является источником азота, зольных макроэлементов и микроэлементов. Навоз в любой форме пополняет запас подвижных питательных элементов в почве, улучшает круговорот различных питательных элементов в системе «почва – растение» (Минеев, 2004).

2) Птичий помет

Птичий помет – быстродействующее органическое удобрение. Различают:

- подстилочный помет, образующийся при содержании птицы на глубокой несменяемой подстилке;
- бесподстилочный помет, образующийся при клеточном содержании птицы;
- сухой помет – сыпучее удобрительное вещество, образуется в процессе термической сушки бесподстилочного жидкого помета.

Химический состав помета зависит от вида птицы, содержания и типа кормления птицы. Применяется птичий помет как припосевное удобрение. Эффективны корневые подкормки и некорневые подкормки различных культур. Рекомендуют использовать птичий помет при выращивании растений в закрытом грунте (Вильдфлуш, Кукреш, Ионас, 2001).

3) Торф

Торф - это растительная масса, разложившаяся в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха. Такие условия, к примеру, создаются в болотистых местах. Виды и типы торфа разнообразны и неравноценны по удобрительным качествам.

По разложению различают:

- слаборазложившийся торф, содержит примерно 5 до 25 % гумифицированных веществ;
- среднеразложившийся – от 25 до 40 %;
- сильно разложившийся – более 40 % (Минеев, 2004).

Химический состав торфа зависит от его типа. Однако существует общая закономерность: в торфе содержится много азота, мало фосфора и очень мало калия. Азот, содержащийся в торфе, находится в органических соединениях и плохо усваивается растениями. Поэтому в чистом виде применяют только низинный тип торфа с высокой степенью разложения, богатый известью и фосфором, и только на легких почвах. Для повышения доступности торфяного азота для растений его компостируют с биологически активными компонентами (фекалиями, навозной жижей, навозом и др.) либо используют для подстилки скоту (Минеев, 2004).

В таблице 1 приведено содержание азота в органических удобрениях. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве необходимо ежегодное внесение органических удобрений (в том числе навоза КРС) из расчета 9 – 10 т/га (Рассвет, 2011). Следовательно, если внести 10 тонн полуперепревшего навоза, вместе с ним в почву поступит 50 кг азота. Рекомендуемая доза внесения навоза, для выращивания картофеля, 40 – 50 т/га, значит, вместе с внесенными удобрениями в почву поступит 200 – 250 кг азота, что значительно превышает норму (120 – 150 кг/га).

Таблица 1. Содержание азота в органических удобрениях, кг/т
(Михайлова, 2015)

Органическое удобрение	N
Полуперепревший навоз	5.0
Навозная жижа	2.5
Жидкий навоз КРС	4.0
Торф верховой	3.0
Торф низинный, разложившийся	9.0
Биогумус	30.0
Торфонавозный компост	7.0

Глава 2. Азот в современном земледелии

Содержание азота в почвах Российской Федерации возрастает от дерново-подзолистых почв к черноземам и лугово-черноземным почвам. Значительные колебания в содержании азота одних и тех же почвенных типов и подтипов свидетельствуют о пространственной изменчивости данного показателя плодородия почвы, что связано с положением почвы по рельефу, гранулометрическому и минералогическому составом и степенью окультуренности почв (Сычев, Лунев, Кузнецов, 2010).

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и улучшение качества урожая тесным образом связано с применением минеральных, и в первую очередь азотных удобрений. Рациональное использование азотных удобрений предусматривает:

- повышение плодородия почвы;
- максимальное усвоение азота удобрений растениями;
- минимизацию негативных экологических последствий;
- улучшение качества продукции (Осипов, Соколов, 2001).

В настоящее время эффективность применения азотных удобрений оценивается по более широкому кругу критериев с установлением новых приоритетов. Одним из важнейших направлений в теории и практике современной агрохимии азота является экологическое (Соколов, Семенов, 1994). Чем лучше растения будут использовать азот из удобрений, тем выше будет агрохимическая эффективность применяемых удобрений и ниже экологическая напряженность в агроландшафте (Соколов и др., 1990).

2.1 Использование удобрений в XIX-XX веках

К выдающимся достижениям науки XIX в. принадлежит разработка учения о минеральном питании растений. Что дало мощный толчок развитию целой отрасли промышленности, которая занимается производством и разработ-

кой минеральных удобрений. Их использование в земледелии дает возможность очень быстро увеличить урожайность сельскохозяйственных культур. Уже в 1891 г. мировое производство туков составило 1,5—1,6, в 1913 г. — почти 4, а в 1938 г. — 8,5 млн. т действующего вещества. Всего лишь за одно десятилетие, с 60 по 70 г., производство минеральных удобрений возросло почти в три раза и достигло 67,8 млн. т. В итоге на каждый гектар европейской пашни вносилось 103,7 кг азота, калия и фосфора. Вследствие применения минеральных удобрений и других агротехнических приемов урожайность зерновых культур в Дании, Англии, Нидерландах и ФРГ была доведена до 30—40 ц/га к 1965 г. (Петербургский, 1964).

Исследования, проведенные во второй половине XX в., показали, что при применении минеральных удобрений, наравне с повышением урожайности, изменяется и качество растениеводческой продукции. К примеру, внесение азотных удобрений в дозе 180—300 кг/га (действующего вещества) позволило увеличить уровень сырого протеина в злаковых травах с 13 до 17—22% и превратить их в корм, белковость которого сравнима с бобовыми культурами. Принимая во внимание очень высокую требовательность бобовых растений к условиям выращивания, сложность их семеноводства и возникшую возможность получения достаточного количества кормов с высоким содержанием сырого протеина за счет применения азотных удобрений на злаковых травостоях, в производственной и научной сферах возникают первые признаки недооценки бобовых как источника кормов и средства восполнения недостатка азота в земледелии. В доказательство данной точки зрения специалисты, считающие, что выращивание бобовых становится нерентабельным, в дискуссиях со своими оппонентами концентрируют их внимание на продолжающемся насыщении рынка минеральными удобрениями. За следующее десятилетие, с 70 по 80 г., мировое изготовление туков увеличилось с 67,8 до 122,8 млн. т действующего вещества, то есть фактически удвоилось вновь (Унанянц, 1981).

Во второй половине XIX века главным источником минерального азота в земледелии Западной Европы стала чилийская селитра. Вместе с нараставшим

производством суперфосфата и очищенными природными солями калия она стала мощным фактором повышения урожаев. К концу того же века определенно наметилось близкое истощение чилийских залежей селитры. В 1904 году стали получать «норвежскую» селитру, названную так по имени страны, где впервые было осуществлено ее производство. Однако этот процесс требовал очень серьезных затрат энергии и не нашел широкого распространения (Петербургский, 1977).

Положение изменилось лишь по окончании первой мировой войны, когда, используя синтетический аммиак, научились путем его окисления добывать и синтетическую азотную кислоту, а из обоих компонентов ценнейшее удобрение - аммиачную селитру. Из аммиака же производят и карбамид - самое концентрированное твердое азотное удобрение. Выпущена была и синтетическая натриевая селитра взамен природной чилийской. Последняя обходится даже дороже, чем синтез на основе аммиака. Расширилось и производство сульфата аммония (Петербургский, 1977).

2.2 Потери азота из почвы

Для удовлетворения возрастающих потребностей населения в сельскохозяйственной продукции необходимо получать высокие и устойчивые урожаи, что возможно только при внесении минеральных и органических удобрений. По данным американских ученых роль удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур составляет 41%. Особое место здесь принадлежит азоту. Однако, несмотря на интенсивный рост производства азотных удобрений, азот остается наиболее дефицитным элементом питания, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур практически во всех почвенно - климатических зонах земного шара (Осипов, Соколов, 2001).

Нитратный азот мигрирует с влагой не только в почве, но и в глобальном масштабе на всей планете Земля (рис.2) (Делвич, 1972).

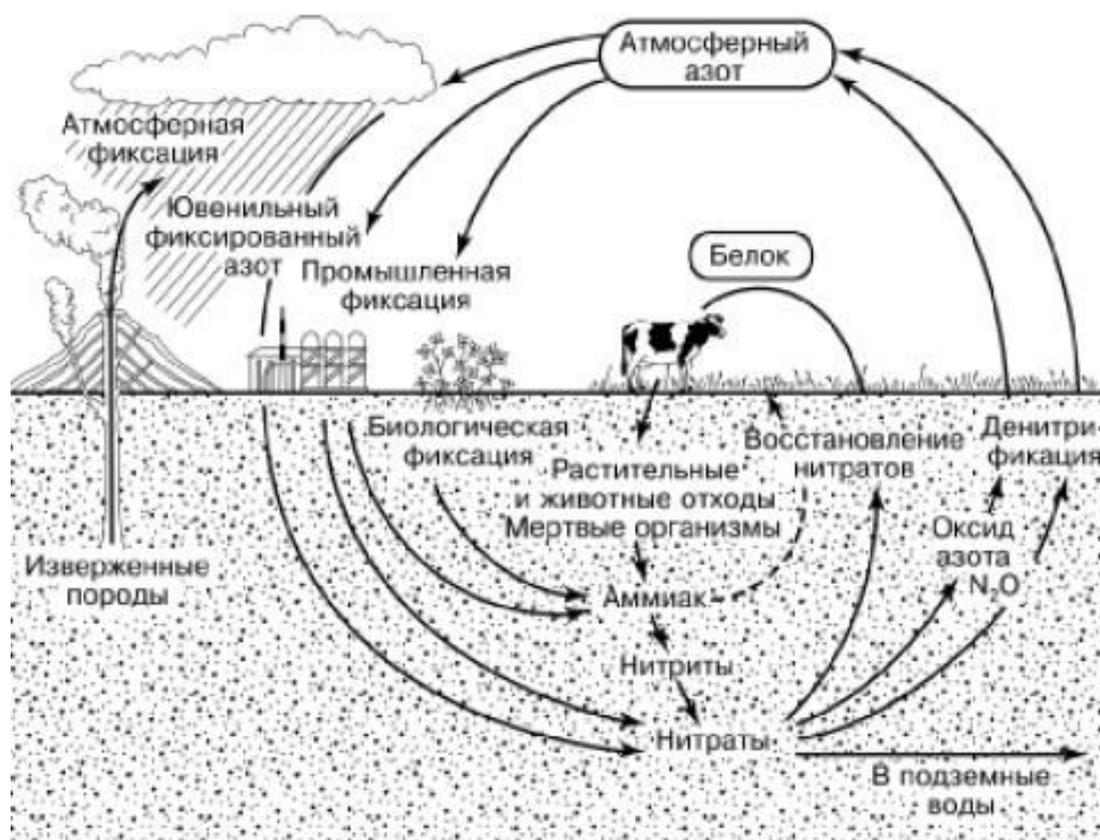


Рисунок 2. Круговорот азота в биосфере (Делвич, 1972)

Известно, что основными источниками азота в питании растений являются: азот почвы, биологический азот, технический азот. В земледелии России роль и значимость этих источников в азотном балансе в разные эпохи были неоднозначны. Длительное время практически единственным источником был и остается азот почвы (Осипов, Соколов, 2001).

Потребление общего азота растениями возрастало по мере повышения плодородия дерново-подзолистых почв и доз вносимых азотных удобрений. На более окультуренных почвах азот почвенных запасов имеет преимущественное значение в формировании урожая полевых культур по сравнению с азотом удобрений. Применение азотных удобрений способствует значительной дополнительной минерализации азота почвенных запасов, размер которой зависит не только от количества гумуса, но и от его качественного состава. С увеличением доз азотных удобрений коэффициенты использования азота удобрений уменьшаются, а газообразные его потери увеличиваются (Осипов, Соколов, 2001).

Нитраты и обменный аммоний являются основными источниками азота, обеспечивающими азотное питание растений. В сумме нитратный и аммиачный азот часто называют минеральным азотом. Содержание минеральных форм азота в почве весьма лабильно и зависит от многих факторов, а именно: гранулометрического и минералогического состава, физико-химических свойств почвы, температуры и влажности почвы, вида выращиваемой культуры и микробиологических процессов - аммонификации, нитрификации, денитрификации. Минеральные соединения азота не накапливаются в почве в больших количествах, так как потребляются растениями, а также используются микроорганизмами и частично снова преобразуются в органическую форму (Сычев, Лунев, Кузнецов).

Для закрепления нитратного азота в почве большое значение имеет биологическое поглощение. Нитраты свободно перемещаются в почве и могут вымываться из корнеобитаемого слоя дренажными водами и осадками. Вымывание нитратов из тяжелых почв под растениями как правило незначительно (примерно 3—5 кг с 1 га). В тоже время на легких почвах, в районах достаточного увлажнения, а также в условиях орошаемого земледелия такие потери могут возрастать до значительных величин (вплоть до 30—50 кг на 1 га и более) (Смирнов, Муравин, 1977).

По данным Гамзикова Г.П., после длительного и глубокого промерзания почвы и постепенного оттаивания весной, в период возобновления деятельности микрофлоры более половины азотных удобрений закрепляются в органическом веществе почвы, что снижает возможность потерь при вымывании (Гамзиков, 1978).

Потери азота из почвы в газообразной форме и за счет вымывания нитратов являются основной причиной снижения коэффициентов использования и эффективности азотных удобрений, в тоже время они в решающей степени определяют возможность отрицательного воздействия высоких доз азотных удобрений на окружающую среду. Поэтому изучение природы и размера потерь азота из почвы при различных условиях имеет очень важное значение (Смирнов, 1977).

Вымывание азота из почвы происходит в результате поверхностного и внутрипочвенного стока (рис. 3). Величина этих потерь зависит от количества осадков, их распределения, норм полива в орошаемых районах, рельефа местности, наличия растительного покрова, физико-механических свойств почвы, системы технологий выращивания культур. Миграция азота из почвы может частично пополняться его поступлением с атмосферными осадками (Осипов, Соколов, 2001).



Рисунок 3. Поверхностный сток дождевых осадков с пахотной земли (Скорупски, 2013)

Потери азота из почвы за счет вымывания приводит к снижению их плодородия и падению продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур. Поступление нитратов в грунтовые воды может привести к повышению концентрации в питьевой воде, а, следовательно, и к ряду экологических последствий (Осипов, Соколов, 2001).

Кроме того, потери азота почвы и удобрений происходят вследствие денитрификации - процесса восстановления нитратного азота до свободного молекулярного азота (N_2) или до газообразных окиси и закиси азота (NO и N_2O).

Этот процесс осуществляется группой денитрифицирующих бактерий и особенно усиленно идет в анаэробных условиях и щелочной реакции почвы при наличии богатого клетчаткой органического вещества. Денитрификация протекает и в постоянных условиях реакции среды, увлажнения и аэрации, так как в почвах неизбежны анаэробные микрзоны, а диапазон благоприятной реакции для развития денитрификаторов достаточно обширный. Потери азота при денитрификации нитратов, возникающих при нитрификации аммиачного азота почвы и вносимых аммиачных азотных удобрений и мочевины, а также из нитратных азотных удобрений, достаточно существенны. Опыты с использованием N показали, что потери азота аммиачных удобрений составляют около 20%, а нитратных — до 30% и более внесенного количества. Потери азота существенно сокращаются при правильном применении органических и минеральных удобрений в комбинации с рациональной системой обработки почвы и орошения (Смирнов, Муравин, 1977).

В условиях засушливого климата потери азота удобрений обуславливаются не только биологической денитрификацией, но и вследствие физических явлений, связанных с часто наблюдаемой ветровой эрозией почвы и нитратов, накапливающихся на ее поверхности в процессе вымораживания влаги в бесснежный осенне - зимний период, а также в результате выпотного режима почв в период частых засух весной (Кидин, 1984).

В тоже время, в условиях подзолистых почв Европейского северо-востока России вымывание азота удобрений из корнеобитаемого слоя почвы незначительно и не оказывает существенного влияния на баланс азота удобрений в земледелии. Слабое вымывание азота обусловлено тем, что под действием криогенных процессов происходит концентрирование азота удобрений на границе холодного экрана – мерзлого слоя, за счет термокапиллярного передвижения влаги и растворенного в ней азота (Безносиков, 2000).

Длительное время считалось, что потери азота из почвы в газообразной форме являются следствием только денитрификации. Однако в последующем были расширены представления о размерах и механизмах потерь азота. Экспе-

риментально установлено, что потери азота в газообразной форме могут происходить не только в результате диссимиляторного восстановления нитратов, но и при окислении аммонийного азота в ходе первой фазы процесса нитрификации (Суков, 1976).

По современным представлениям нитрификация – это сложный многоступенчатый процесс, осуществляемый автотрофными микроорганизмами. Биологическая сущность этого процесса и основные закономерности были изучены Виноградским С.Н.. Им установлено, что нитрификация происходит в две стадии. Первая фаза нитрификации – окисление аммония в нитриты – отличается наибольшей сложностью и происходит с образованием не менее двух промежуточных продуктов. Вторая фаза представляет собой окисление нитритов в нитраты. Образовавшаяся азотная кислота подкисляет почву. Экологическое значение гетеротрофной нитрификации заключается в том, что в отличие от автотрофной нитрификации, она активно протекает в кислых условиях среды, внося существенный вклад в общий баланс окисления азота в природе, тем самым, пополняя газообразные потери его в форме закиси (Осипов, Соколов, 2001).

2.3 Обеспеченность сельскохозяйственных культур азотом

В системе критериев, характеризующих режим азотного питания растений в онтогенезе, агрохимическую эффективность и экологическую рациональность применяемых азотных удобрений, важным показателем является величина потребления азота, которая выражается в абсолютных значениях на единицу площади или продукции, а также относительно внесенного с удобрением количества. Каждая сельскохозяйственная культура после уборки урожая оставляет для последующей определенное количество остатков, содержащих азот. Последний входит в азотный пул почвы и предоставляет ход и направленность процессов трансформации азота удобрений в почве (Руделев, 1974).

Соединение молекулярного азота воздуха и пополнение запасов азота в почве совершается 2-мя путями. Небольшое количество связанного азота (до 3—5 кг на 1 га) образуется в атмосфере под действием грозových разрядов и в виде азотной и азотистой кислоты поступает в почву с выпадающими осадками. Второй путь - фиксация азота воздуха азотфиксирующими микроорганизмами, свободно живущими в почве (азотобактер, клубеньковыми бактериями, живущими в симбиозе с бобовыми растениями (биологический синтез азота) имеет большее значение для питания растений. Свободноживущие азотфиксаторы ассимилируют до 5-10 кг азота на 1 га. Размеры симбиотической азотфиксации зависят от вида бобового растения. Так, люпин может накапливать 100-170 кг азота, клевер - 150-160, соя - 100, люцерна – 250-300, г, вика, горох и фасоль – 70-80 кг на 1 га. Около 50%, связанного бобовыми азота, остается в корневых и пожнивных остатках, а после минерализации может применяться культурами, последующими в севообороте после бобовых. Таким образом, суммарное поступление азота за счет указанных выше источников далеко не возмещает выноса азота урожаями сельскохозяйственных культур и потерь его из почвы в результате денитрификации и вымывания. По этой причине, с целью получения высоких урожаев любых сельскохозяйственных культур и повышения качества урожая, огромное значение имеет внесение в почву минеральных азотных удобрений, получаемых путем искусственного синтеза из азота воздуха (Муравин, 2005).

Содержание азота и зольных элементов в растениях и их органах может сильно колебаться и обуславливается биологическими особенностями культуры, условиями питания и возрастом. Количество азота в растениях непосредственно коррелирует с содержанием белка, а его всегда больше в семенах и молодых листьях, нежели в соломе созревших культур. В клубнях и корнеплодах азота меньше, чем в ботве. Наиболее высоким содержанием золы (до 20% и более) отличаются листовые овощи (салат, шпинат). У растений имеются значительные различия в составе и содержании зольных элементов. Доказана безусловная необходимость макро- и микроэлементов для растений. Эти элементы

могут входить в состав органических соединений, обеспечивают аккумуляцию и перенос энергии в растениях, участвуют в обмене углеводов, жиров и белков как компоненты ферментов природы, либо, не входя в состав органических соединений, обуславливают физико-химические свойства отдельных клеточных и субклеточных структур и возможность нормального обмена веществ в клетках. Функции каждого из макро- и микроэлементов в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть заменен другим. Недостаток любого из макро- или микроэлементов вызывает нарушение обмена веществ и физиологических функций у растений, приводит к ухудшению их роста и развития, снижению урожайности. При остром дефиците даже одного какого-либо элемента питания у растений появляются характерные признаки голодания и они погибают (Смирнов, Муравин, 1977).

Глава 3. Распределение нитратного азота в системах почва – растение и почва – водная среда

Азотные удобрения по взаимодействию с почвой существенно различаются от фосфорных и калийных. Нитратные формы азота не поглощаются почвой, поэтому они легко могут вымываться поливными водами и атмосферными осадками. Аммиачные формы азота поглощаются почвой, но после их нитрификации получают свойства нитратных удобрений. Частично аммиак может поглощаться почвой необменно. Необменный, фиксированный аммоний, доступен растениям в малой степени. Кроме этого, потеря азота удобрений из почвы возможна в результате улетучивания азота в свободной форме или в виде окислов азота. При добавлении азотных удобрений сильно изменяется содержание нитратов в почве, так как с удобрениями поступают легко усвояемые растениями соединения. Динамика нитратов в почве по большей части характеризует ее плодородие (Вальков, Казеев, Колесников, 2004).

Содержание азота в почве должно быть оптимальным в соотношении с другими элементами питания. Необходимо строгое соблюдение доз, форм, способов и сроков их внесения. Дозы азотных удобрений под основные культуры: зернобобовые – 30-40 кг/га, однолетние травы – 40-60 кг, озимые зерновые – 60-90 кг, яровые зерновые – 30-60 кг, картофель – 90-120 кг, корнеплоды – 60-120 кг, плодово-ягодные – 60-90 кг/га (Михайлова, 2015).

Распределение минеральных форм азота по почвенному профилю находится в определенной взаимосвязи и характеризуется рядом устойчивых показателей: соотношением запаса минерального азота по слоям почвы и относительно равномерным его распределением по профилю супесчаных и среднесуглинистых дерново – подзолистых почв (Шафран, 1995).

Очень важным свойством азотных удобрений, особенно аммиачных, является их способность мгновенной активацией почвенных запасов, что имеет большое значение в зоне черноземных почв. Под влиянием азотных удобрений

органические соединения почвы сильнее подвергаются минерализации, превращаются в легкодоступные для растений формы. Некоторое количество питательных веществ, особенно азота в виде нитратов, хлоридов и сульфатов, может проникнуть в реки и грунтовые воды. Как следствие происходит превышение норм содержания этих веществ в воде, что может быть опасным для людей и животных, а также ведет к нежелательному изменению гидробиоценозов и наносит ущерб рыбному хозяйству. Миграция питательных веществ из почв в грунтовые воды в разных почвенно-климатических условиях проходит неодинаково. Кроме этого, она зависит от видов, форм, доз и сроков применяемых удобрений (Вальков, Казеев, Колесников, 2004).

Распределение минерального азота по профилю почвы тесно связано как с гранулометрическим составом почвы, так и с количеством выпадающих атмосферных осадков (особенно в районах, где отсутствует длительное промерзание почвы). На легких почвах вымывание минерального азота за осенне-зимний период может происходить на глубину, которая находится в зоне недоступной для корневой системы, что приводит к заметному снижению продуктивности последующей культуры. На почвах тяжелого гранулометрического состава перемещение минерального азота по профилю почвы в меньшей мере зависит от количества атмосферных осадков. Поэтому, содержание минерального азота по профилю этих почв в меньшей степени подвержено сезонным изменениям, чем у песчаных (Осипов, Соколов, 2001).

Например, в почве Краснодарского края, промывной режим которой периодический, нитраты обнаруживаются до глубины десять метров и более. На этой глубине они смыкаются с грунтовыми водами. Это говорит о периодической глубокой миграции нитратов и включении их в биохимический круговорот, начальными звеньями которого являются почва, материнская порода, грунтовые воды. Такая миграция нитратов может наблюдаться во влажные годы, когда для почв свойственен промывной водный режим. В эти годы возникает угроза нитратного загрязнения окружающей среды при внесении больших доз азотных удобрений перед зимой. В годы с непромывным

водным режимом поступление нитратов в грунтовые воды полностью прекращается, однако остаточные следы соединений азота наблюдаются по всему профилю материнской породы до грунтовых вод. Их сохранности способствует низкая биологическая активность этой части коры выветривания. (Вальков, Казеев, Колесников, 2004).

В почвах с непромытым водным режимом (южные черноземы, каштановые и др.) загрязнение биосферы нитратами исключается. Они остаются замкнутыми в почвенном профиле и полностью включаются в биологический круговорот. (Вальков, Казеев, Колесников, 2004)

При определении реального баланса азота в почве необходимо рассчитывать содержание азота в минеральных удобрениях согласно установленным стандартам при условии правильного хранения, а содержание азота в органических – определять путем ежегодных анализов, а не по справочной литературе (Сычев, Листова, Беличенко, 2016).

Внесение органических и минеральных удобрений увеличивает содержание в почве нитратного и аммонийного азота. Пока не удалось установить устойчивую зависимость величины урожайности от их содержания в почве вследствие крайней изменчивости последнего, контроль за содержанием минерального азота имеет важное значение для диагностики азотного питания не только с научной точки зрения, но и с практической (Володина, Макарова, 2009).

В России приняты ПДК нитратов растительного происхождения (табл.2). Допустимая суточная доза (ДСД) для человека составляет 5 мг на 1 кг веса (<https://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/>).

Таблица 2. Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения, мг/кг (<https://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/>)

Пищевой продукт	Для открытого грунта, мг/кг	Для защищенного грунта, мг/кг
Картофель	250	
Капуста белокачанная		
Ранняя (до 1 сентября)	900	
Поздняя	500	
Морковь		
Ранняя	400	
Поздняя	250	
Томаты	150	300
Огурцы	150	400
Свекла столовая	1400	
Лук репчатый	80	800
Лук-перо	600	
Листовые овощи (салаты, шпинат, щавель, капуста салатная, петрушка, сельдерей, укроп)	2000	3000
Дыни	90	
Арбузы	60	
Перец сладкий	200	400
Кабачки	400	400
Виноград	60	
Яблоки	60	
Груши	60	
Продукты детского питания		
Консервированные соки	50	
Консервы овощные, фруктовые	200	
Допустимая суточная норма нитратов	200	312,5

3.1 Влияние азотных и органических удобрений на содержание нитратного азота в почве и растениях

Поведение азота в почве весьма специфично. Для него характерны: быстрая миграция по почвенному профилю, потери с грунтовыми водами и в результате денитрификации, связывание почвенными организмами. Для опреде-

ления потребности растений в азотных удобрениях необходимо ежегодное и оперативное обследование посевов (Сычев, Листова, Беличенко, 2016).

Внесение азотных удобрений оказывает существенное влияние на рост, развитие и биомассу растений. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о существенном влиянии азотных и органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур. При внесении различных доз удобрений можно заметить различное количественное соотношение содержания N-NO₃ и N-NH₄ в той или иной выращиваемой сельскохозяйственной культуре.

3.1.1 Распределение нитратного и аммонийного азота в почве и растениях картофеля.

В работе (Витковская, Хофман, 2013) представлены данные характеризующие влияние различных доз минеральных удобрений на содержание нитратного и аммонийного азота в почве и накопление внутри клубней картофеля (таблица 2,3).

Таблица 3. Вариационно-статистические показатели содержания нитратного азота в клубнях картофеля, мг/кг (Витковская, Хофман, 2013)

Вариант	n	M	±δ	min	max	v,%
1. N70P20K60	17	167	97	33	366	58
2. N90P40K100	16	323	225	88	824	70
3. N100P50K110	12	210	153	46	520	73

Здесь и в таблице 4-8: n- объем выборки; M- среднее значение; ±δ- стандартное отклонение; min, max- минимальные и максимальные значения; v- коэффициент вариации.

Таблица 4. Вариационно-статистические показатели содержания нитратного и аммонийного азота в почве, мг/кг (Витковская, Хофман, 2013)

Показатель	Вариант	n	M	$\pm\delta$	min	max	v, %
N-NO ₃ ⁻ , мг/кг (ПДК 130 мг/кг)	1. N70P20K60	21	19	2	16	22	10
	2. N90P40K100	21	17	1	16	21	6
	3. N100P50K110	21	19	1	17	21	5
N-NH ₄ ⁺ , мг/кг	1. N70P20K60	21	5,8	1,5	3,2	9,6	26
	2. N90P40K100	21	10	3	3,9	19	30
	3. N100P50K110	21	5,5	1,6	3,3	9,0	29

«Опыт показал, что варьирование содержания нитратного азота в картофеле линейно возрастало с увеличением дозы азотных удобрений (табл. 2) и превысило варьирование содержания нитратного и аммонийного азота в почве (табл. 3). Превышение ПДК N-NO₃ – (250 мг/кг) в клубнях выявлено в вариантах 1–3 в 24, 56 и 33% проб, соответственно. Следует отметить, что на момент уборки опыта концентрация N-NO₃ – в почве не превышала 22 мг/кг (ПДК N-NO₃ – 130 мг/кг почвы)» (Витковская, Хофман, 2013).

3.1.2 Распределение нитратного и аммонийного азота в почве и растениях пшеницы

В работе (Витковская, 2011) представлены данные, характеризующие влияние различных доз минеральных удобрений на содержание нитратного и аммонийного азота в почве и накопление азота в растениях пшеницы (таблица 6-8).

Таблица 6. Вариационно-статистические показатели содержания нитратного и аммонийного азота в почве, мг/кг (Витковская, 2011)

Показатель	Вариант	n	S, га	M	$\pm\delta$	min	max	v,%
N-NO ₃ -, мг/кг	1. Контроль	21	0,2	54	14	32	87	26
	2. N133P98K65	21	0,2	98	4	82	101	4
	3. N315P65K65	21	0,2	290	49	207	433	17
N-NH ₄ +, мг/кг	4. Контроль	21	0,2	15	2	12	20	13
	5. N133P98K65	21	0,2	18	2	13	22	11
	6. N315P65K65	21	0,2	85	17	60	120	20

«Внесение очень высокой дозы азотных удобрений (315 кг д.в./га) оказало существенное влияние на содержание аммонийного и нитратного азота в почве опыта (табл. 6). Через 19 дней после внесения удобрений содержание нитратного азота в вар.3 в 5 раз превысило содержание в контроле и в 3 раза – в вар. 2. На всем исследованном участке вар. 3 наблюдали превышение ПДК нитратов в почве (130 мг/кг)» (Витковская, 2011).

Таблица 7. Вариационно-статистические показатели, характеризующие сырую массу растений пшеницы (г) (Витковская, 2011)

Вариант	n	S, га	M	$\pm\delta$	min	max	v,%
1. Контроль	21	0,2	53	15	31	95	28
2. N133P98K65	21	0,2	90	21	54	129	23
3. N315P65K65	21	0,2	137	48	69	222	35

Таблица 8. Вариационно-статистические показатели, характеризующие процентное соотношение азота в воздушно-сухой массе растений пшеницы (Витковская, 2011)

Вариант	n	S, га	M	$\pm\delta$	min	max	v, %
1. Контроль	21	0,2	2,21	0,25	1,63	2,48	11
2. N133P98K65	21	0,2	1,89	0,19	1,63	2,33	10
3. N315P65K65	21	0,2	1,88	0,18	1,63	2,33	10

«Так, содержание N-NO₃ и N-NH₄ в почве в вар. 2 превысило содержание в контроле на 81% и 20% соответственно (табл. 6). Это повлекло за собой увеличение воздушно-сухой биомассы растений пшеницы в вар. 2 на 44% (табл. 7). При этом коэффициенты вариации содержания N-NO₃ и N-NH₄ в почве, рассчитанные для совокупной площади вариантов 1 и 2, составил 32% и 15% соответственно (табл. 6). Следовательно, такой уровень изменчивости содержания азота (при среднем значении содержания N-NO₃ 76 мг/кг и N-NH₄ 16 мг/кг) был существенен для растений пшеницы. Коэффициент вариации содержания N-NO₃ и N-NH₄ в почве, рассчитанный для совокупной площади вариантов 1, 2, 3, увеличился до 73% и 86% соответственно (табл. 6). При этом воздушно-сухая масса растений в вар. 3 на 97% превысила биомассу в контроле и на 36% – в вар. 2.» (Витковская, 2011).

3.2 Влияние азотных и органических удобрений на миграцию азота в системе почва - водная среда

Растения используют около половины азота, поступившего в почву с удобрением. Оставшееся количество связывается в почве, теряется за счет улетучивания газообразных продуктов, а также выводится водами поверхностного

стока. Величина последнего может достигать значительных размеров. (Демченко, Тарасов, Бражникова, 1979).

Вынос азота и его качественный состав зависят от ряда факторов, определяющих запас на участке азотных соединений и условия их смыва поверхностным стоком. К этим условиям относятся: физико-химические свойства почвы, объем водного стока и его внутригодовое распределение, режим орошения, произрастающие культуры, вносимые удобрения (химический состав, дозы, сроки применения). Известно, что азот удобрений поступает в почву в аммиачной, амидной и нитратной формах, однако вынос его наблюдается преимущественно в нитратной форме (Демченко, Тарасов, Бражникова, 1979).

По данным (Кудеяров, Башкин, 1978), грунтовые воды, формирующиеся в условиях хорошо освоенных сельскохозяйственных угодий содержат 0,11...17 мг/л нитратного азота.

3.2.1 Эвтрофикация

Эвтрофикация (гипертрофикация) означает обогащение воды питательными веществами, в частности азотсодержащими или фосфорсодержащими веществами, вызывающими ускоренный рост водорослей и высших растений, нарушающими баланс водной среды и ухудшающими качество воды (рис. 4). Эвтрофикация водоемов представляет собой природный процесс, развитие которого обусловлено геохимической миграцией в ландшафтах биофильных элементов. Сельское хозяйство является главной антропогенной причиной эвтрофикации. Азот и фосфор - ключевые химические элементы в процессе эвтрофикации – вымываются с полей в поверхностные воды (поверхностный сток и осадки), и избыток питательных веществ включается в естественное распределение макроэлементов. Такой процесс, в естественных условиях, из-за ограниченного поступления биогенных элементов, происходит на протяжении нескольких тысячелетий. Но под воздействием антропогенного фактора, и в особенности применения минеральных и органических удобрений, образование

первичной продукции в водоемах повышается в несколько раз. Таким образом, это способствует очень быстрому переходу водоемов от одного трофического уровня к другому, чаще всего такие изменения приводят к превращению водного объекта в болото (Смагин, 1984). Скорость таких преобразований настолько высока, что срок жизни водной экосистемы может сокращаться с десятков тысяч до нескольких сотен лет (Овсянников, 2000).



Рисунок 4. Эвтрофикация водоема (<http://www.gazettextra.com/>)

Эвтрофикация сильно изменяет характеристики водных экосистем. Изменяется физико-химический режим водоема и состав его биоты. В первую очередь происходит увеличение общей биологической продуктивности вследствие усиленного размножения отдельных компонентов фито- и зоопланктона и сокращения его видового состава. Среди первичных продуцентов чаще всего преимущественное развитие происходит у сине-зеленых водорослей (Лаугасте,

Порк, 1980). Впоследствии повышения биопродуктивности вода насыщается органическим веществом, образующимся после разложения отмирающего планктона. Этот материал, представляя благоприятную среду для микроорганизмов, способствует загрязнению воды бактериями, максимум которого наблюдается в период гниения планктона (Михайленко, Куликова, 1973). Активное разложение органического вещества, после его осаждения на дно водоема, сопровождается выделением большого количества сероводорода, метана, углекислоты и уменьшением запасов растворенного в воде кислорода. В некоторые годы содержание кислорода снижается настолько, что это приводит к массовым заморам молоди рыб. Поэтому во всех водоемах, затронутых эвтрофикацией, с течением времени происходит сокращение видового состава обитающих там живых организмов и снижение рыбопродуктивности (Сиренко, Гавриленко, 1978).

Эвтрофикация водоемов может представлять опасность для здоровья человека и сельскохозяйственных животных. Сине-зеленые водоросли являются продуцентами токсических веществ, которые могут способствовать повреждению кожных покровов, возникновению острых аллергических конъюнктивитов и заболеванию дыхательной системы (Горюнова, Демина, 1974). Установлено, что содержащаяся в водорослях тиамилаза, аккумулируясь в организме планктоноядных рыб, может вызывать разрушение витамина В1, развивающаяся тиаминная недостаточность может быть причиной их гибели. Регулярное употребление человеком и млекопитающими рыбы с признаками В1-авитаминоза приводит к возникновению у них желудочно-кишечных заболеваний и гафской болезни (Овсянников, 2000).

Эвтрофикация наземных экосистем представляет собой еще один экологический феномен, заслуживающий большего внимания. Эвтрофикация наземных экосистем может затрагивать леса и пастбища, где избыток фосфора стимулирует рост растений, предпочитающих богатую фосфором среду и конкурирующих с видами, плохо переносящими высокий уровень содержания фосфора. Исчезновение видов растений сопровождается исчезновением животных,

привыкших кормиться этими растениями. Это оказывает негативное воздействие на пищевую цепочку в целом, что еще больше сокращает биоразнообразие в эвтрофицированных экосистемах (Скорупски, 2013).

Реальную опасность интенсивного развития сине-зеленых водорослей в водоемах стало представлять существенное ухудшения качества питьевой воды. Доведение до параметров, соответствующих санитарно-гигиеническим нормам или технологическим условиям, и очистка такой воды требует дополнительных затрат. Помимо этого, следует учитывать и потери, которые возникают в результате снижения рыбопродуктивности, а также социальный ущерб, который проявляется в ухудшении эстетических характеристик водоема. К примеру, отдыхающие на берегах чистых рек и озер получают положительные эмоции, и это, соответственно, положительно отражается на их настроении, а впоследствии и трудоспособности. Восприятие же того, как из года в год усиливается "цветение" воды, снижается ее прозрачность, уменьшаются рыбные запасы, производит на отдыхающих плохое впечатление, а следовательно, и не дает полной психоэмоциональной разгрузки. На данном примере достаточно наглядно видно, как экологические проблемы трансформируются в экономические и социальные. Но именно этот аспект очень часто не попадает в поле зрения специалистов, определяющих эффективность применения минеральных удобрений и величину ущерба, наносимого качеству окружающей среды (Овсянников, 2000).

Глава 4. Возможные последствия использования удобрений

Потери азотных удобрений в газообразной форме являются источником загрязнения атмосферы. Такие потери связаны с процессами денитрификации, нитрификации и аммонификации, проходящими в почве с участием микроорганизмов. По обобщенным данным восьмидесяти полевых опытов, газообразные потери составляют примерно двадцать шесть процентов от всего внесенного азота. Исследование данного процесса показало, что улетучивание азота происходит в основном в форме N_2 , NO_2 и HN_3 . Величина газообразных потерь увеличивается при внесении высоких доз удобрений и их мелкой заделке. Прежде газообразным потерям, как фактору загрязнения окружающей среды, не придавалось особого значения, потому, что наблюдающееся при этом возрастание концентрации азота в приземном слое воздуха не превышает ПДК (Макаров, 1982). Между тем, сейчас стало известно о возможности соединений азота, наряду с другими химическими веществами, разрушать озоновый экран стратосферы, который является особым щитом, прикрывающим все живое на планете от жесткого ультрафиолетового излучения (Ковда, 1985).

Газообразные соединения азота, поступающие в атмосферу, способствуют глобальному потеплению климата. На долю оксида азота приходится шесть процентов парникового эффекта. В последующем времени роль NO_2 может возрасти. Это происходит с увеличением концентрации двуокиси азота в атмосфере. С конца XX века она повысилась более чем на двадцать процентов. Производство и применение азотных удобрений является основной причиной насыщения атмосферы соединениями NO_2 (Голицын, 1990).

Появление и накопление соединений азота в атмосфере может приводить к выпадению кислотных дождей. Примерно тридцать процентов их кислотности обусловлено присутствием азотной кислоты. Азот возвращается с осадками на землю в количестве до нескольких десятков кг/га в год (Швиндлерман, 1983). Такой путь поступления азота на сельскохозяйственные угодья в некото-

рой степени компенсирует его недостаток на сельскохозяйственных угодьях, но в то же время может приводить к подкислению почв и водоемов (Ковда, 1985).

Под действием кислотных дождей ускоряется окисление металлов, разрушение строительных материалов и, самое важное, нарушаются природные экосистемы. Гибнут насекомые, рыбы, растения, моллюски и даже крупные животные. На огромных территориях подвергаются угнетению лесные зоны. Размер таких участков в Западной Европе составляет примерно пятая часть от общей площади лесов. Кислотные осадки отрицательно влияют на агроэкосистемы. Подкисление почв ухудшает их химические, физические и биологические качества; у сельскохозяйственных культур уменьшается интенсивность фотосинтеза, утрачивается иммунитет, снижается скорость роста. В конечном итоге, все это значительно сокращает урожайность. Несомненно, основными загрязнителями атмосферы были и являются промышленные предприятия, но в определенной степени в этом повинно и нерациональное использование сельского хозяйства.

4.1 Влияние нитратного азота на здоровье человека

На сегодняшний день возникают вопросы исследования экологических последствий распределения в биологических системах нитратов и нитритов. Органические вещества почвы являются основным источником нитратов, в ходе минерализации которых и формируется нитратный запас водных и наземных экосистем. Азотсодержащие минеральные удобрения стали дополнительными источниками нитратов, сюда также можно отнести сточные воды промышленных предприятий, стоки и отходы животноводческих комплексов, атмосферные осадки, коммунально-бытовые отходы (Ряховский, 2001).

Все растения постоянно извлекают нитраты из почвы и перерабатывают их в органические соединения, такие как: аминокислоты, белки и другие. Однако нитраты распределяются в растениях очень неравномерно. Для организма человека нитраты сами по себе безвредны. Но часть из них превращает-

ся в нитриты (соли азотистой кислоты), которые могут блокировать дыхание клеток (Громов, Васильев, 2007).

У разных растений способность к накоплению нитратов неодинакова. Самой высокой обладают листовые овощи: капуста, зеленые культуры, салаты, а также корнеплоды; меньше – баклажаны, томаты, перцы. Особенное опасение нитраты вызывают своим присутствием в пресных водах нецентрализованного управления (родники, скважины, колодцы) (Сигора, 2013).

Нитраты оказывают на организм человека токсическое влияние. В результате систематического поступления в организм, они могут оказывать и канцерогенное воздействие. Высокая концентрация этих веществ влияет на усвоение витамина А, может приводить к нарушениям работы щитовидной железы, сердца, центральной нервной системы (Сигора, 2013). Нитраты, попадая в желудочно-кишечный тракт человека, подвергаются многочисленным биохимическим превращениям. Под действием микрофлоры они восстанавливаются до нитритов. Токсичность образовавшихся соединений в двадцать раз выше исходных. Попадая в кровь, нитриты, взаимодействуют с гемоглобином, изменяя валентность железа, и превращают его в метгемоглобин, который уже не способен выполнять функцию переносчика кислорода. Для детей раннего возраста появление метгемоглобина в крови особенно опасно. Что объясняется низкой кислотностью в их желудке, она способствует развитию микроорганизмов, которые участвуют в превращении нитратов в нитриты, отсутствием хорошо сформированных ферментных систем перевода метгемоглобина в гемоглобин и потреблением на единицу массы тела больших объемов жидкости в сравнении с взрослым организмом (Новиков, Окладников, 1985).

Последние расчеты показали, что нитратно - нитритная нагрузка для детей в возрасте от шести месяцев до шести лет на 84,2—111,2% больше, чем у взрослых, даже при употреблении одних и тех же продуктов питания. Ослабление иммунной системы, снижение умственной и физической работоспособности, изменение биотоков головного мозга, появление стойких аллергических реакций является следствием хронической интоксикации организма человека

нитратами и нитритами является. Метгемоглобиния не всегда сопровождается внешне заметными симптомами, это очень усложняет диагностирование заболевания. Нитриты, включаются в обменные процессы, изменяя активность некоторых ферментов, повышают, прямым или косвенным путем, чувствительность организма к воздействию мутагенных и канцерогенных факторов. Эпидемиологические исследования обнаружили наличие прямой связи между смертностью от рака желудка и содержанием нитратов в продуктах питания и питьевой воде (Андрианов, Ильницкий, 1989).

Для взрослого человека предельно допустимая норма нитратов — 5 мг на 1 кг массы тела человека, это значит, что на человека весом в 60 кг приходится 0,25 г. Для ребенка до шести лет максимальная допустимая доза составляет не более 50 мг. А для отравления грудного малыша хватит и 10 мг нитратов. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8...15 г. Сравнительно легко человек переносит дневную дозу нитратов в 15...200 мг; 500 мг — это предельно допустимая доза (600 мг — уже токсичная доза для взрослого человека) (Сигора, 2013).

4.2 Приемы сохранения экологически безопасного состояния почв и водной среды при применении удобрений

Применение минеральных и органических удобрений дает возможность резко повысить урожайность любой культуры, но решение об их использовании должно быть научно обосновано. Неправильное подобранное удобрение, а также внесение повышенных доз органических и минеральных может привести к обратному эффекту, снизить урожайность и сделать почву малопригодной на многие годы. Активное использование удобрений в сельском хозяйстве приводит к изменению естественно сложившегося процесса почвообразования и, как следствие, формированию антропогенной почвы, которая существенно отличается от обычной по многим показателям – физическим, химическим, микробиологическим (Ульянова, Василенко, Зволинский).

Под влиянием азотных удобрений усиливается минерализация органического вещества и возрастают не только усвоение растениями почвенного азота, но и его потери. Потери азота удобрений могут быть снижены за счет усиления иммобилизации или торможения минерализации органического вещества почв путем внесения органических удобрений, в том числе соломы, проведения агротехнических почвозащитных и природоохранных мероприятий, выращивания пожнивных и промежуточных культур, возделывания трав, использования зеленого удобрения (Петросян, 2004).

Целью интенсивного сельского хозяйства является повышение плодородия земли и сокращение времени его восстановления. Важное значение имеют способ и время внесения удобрений. Органические и азотные удобрения должны вноситься так, чтобы растение могло усвоить их до начала интенсивного роста. Наибольший эффект достигается при точном дифференцированном внесении и правильном орошении. Эффективность внесения азотных удобрений зависит от почвенно-климатических условий региона. Наибольшая эффективность азотных удобрений наблюдается в районах достаточного увлажнения (Ульянова, Василенко, Зволинский).

Должны быть разработаны национальные руководства, содержащие рекомендации по использованию удобрений, и в них необходимо учитывать:

- свойства почв, содержание в них питательных веществ, тип почвы и рельеф,
- климатические условия и водный режим,
- форму землепользования и сельскохозяйственную практику, включая системы севооборотов,
- все внешние потенциальные источники поступления питательных веществ (Скорупски, 2013).

С точки зрения производственной рациональности и экологической безопасности следует планировать внесение удобрений таким образом, чтобы в почве после уборки урожая не оставалось большого излишка питательных веществ, которые впоследствии будут вымываться из почвы. Особенно это каса-

ется азотных удобрений. Их передозировка таит в себе риск, с одной стороны, излишнего накопления нитратов в продукции, с другой, вымывания азота из почвы. Особую осторожность необходимо соблюдать при использовании азотных удобрений вблизи колодцев и в зоне формирования грунтовых вод. Вокруг водозаборов необходимо оставлять защитные полосы, на которых удобрения вообще не применяются (Семенов, 2006).

Еще одно правило касается внесения органических удобрений. Органические удобрения (жидкий и твердый навоз, моча, осадок сточных вод, компосты, и т.п.) должны использоваться высокоэффективным образом. Эти удобрения должны разбрасываться таким образом, чтобы минимизировать риск потери питательных веществ, и их нельзя вносить на замерзшую, насыщенную влагой или покрытую снегом почву. Сразу после внесения органические удобрения должны быть заделаны в почву (Скорупски, 2013).

Существуют различные правила проведения агрохимического анализа почв и удобрений, используемые при разработке планов по внесению удобрений. В Дании, например, для определения содержания азота и фосфора используются два способа планирования - планирование исходя из конкретного поля и планирование исходя из удобрений с использованием 3 принципов расчета:

- 1) для каждого поля (культуры) рассчитывается оптимальное количество вносимого азота и фосфора;
- 2) рассчитывается пропорция содержания азота, вносимого посредством навоза, других органических удобрений или химических удобрений;
- 3) рассчитывается планируемое использование содержания азота в навозе и других органических удобрениях (Скорупски, 2013).

С точки зрения защиты природной окружающей среды первостепенное значение имеет законодательство об охране водных объектов от загрязнения нитратами из сельскохозяйственных источников. В проектах систем сооружений подготовки к использованию навоза и помета должно быть предусмотрены сбор и соответствующая обработка производственных сточных вод и поверхностных стоков, образующихся на территории предприятий. В противном слу-

чае сточные воды неизбежно будут загрязнять почву и открытые водоемы (Семенов, 2006).

Крупные животноводческие фермы, обязаны соблюдать следующие минимальные требования по использованию удобрений:

- не разрешается использовать неразрешенные удобрения,
- не разрешается использовать более 170 кг азота на 1 гектар пахотной земли в год,
- жидкий навоз и ферментированная моча должны храниться в резервуарах с накопительной емкостью, обеспечивающей возможность хранения не менее 4 месяцев, а в зонах, чувствительных к нитратам (ЗЧН) – в резервуарах с накопительной емкостью, обеспечивающей возможность хранения не менее 6 месяцев; такие контейнеры должны герметично закрываться,
- природные удобрения, кроме жидкого навоза и ферментированной мочи, должны храниться на защищенных площадках, не допускающих утечки в почву,
- природные и органические твердые и жидкие удобрения могут применяться только с 1 марта по 30 ноября, за исключением зон под навесом, т.е. теплиц, постоянных каркасных парников и пленочных укрытий,
- природные удобрения должны заделываться или перемешиваться с почвой не позднее, чем на следующий день после внесения, за исключением удобрений, используемых на пастбищах,
- удобрения не могут вноситься на насыщенные водой земли, покрытые снегом или замерзшие на глубину 30 см, а также во время дождя, - запрещается применять жидкие и азотные удобрения на голых участках, имеющих уклон более 10 %,
- запрещается применять жидкие удобрения во время роста растений, используемых человеком в пищу,
- природные удобрения следует применять на расстоянии не менее 20 метров от защитной зоны источников, водозаборов и водотоков, а также пляжей у поверхностных водных объектов и в прибрежной зоне (Скорупски, 2013).

В данный момент ученые ищут новые пути уменьшения потерь питательных веществ и ограничения загрязнения ими окружающей среды. Для того, чтобы избежать потерь азота и устранения угрозы загрязнения нитратами окружающей среды и растений рекомендуются медленнодействующие азотные удобрения и ингибиторы нитрификации, добавки, пленки. Вводится капсулирование тонкозернистых удобрений оболочками серы, пластика и др. Так как азот высвобождается из этих удобрений равномерно, накопление нитратов в почве практически исключается. В результате повышается эффективность азотных удобрений и урожай различных культур (Петросян, 2004).

Эффективность медленнодействующих азотных удобрений в значительной степени определяется биологическими особенностями и технологией возделывания сельскохозяйственных культур, а также условиями их применения. На слабоокультуренных почвах увеличивается использование азота из капсулированных удобрений и снижаются его газообразные потери. На хорошо окультуренных почвах стадии баланса азота были одинаковыми. Действие медленнодействующих азотных удобрений на основные группы микроорганизмов почвы не отличается от общего действия гранулированных удобрений (Осипов, Соколов, 2001).

Применение высококонцентрированных, комплексных минеральных удобрений имеет большое значение для окружающей среды. Характерно то, что они практически лишены балластных веществ (сульфаты, хлориды) или включают в себя их минимальное количество. Нельзя не отметить, такие факты отрицательного влияния минеральных и органических удобрений на окружающую среду, которые связаны с ошибками в практике их применения, с малообоснованными способами, нормами, сроками их внесения, не учитывая свойства почв. (Вальков, Казеев, Колесников, 2004).

На сегодняшний день разработано много различных приемов определения доз удобрений в расчете на получение запланированного урожая, которые при несомненных достоинствах нуждаются по ряду позиций в совершенствовании. Крайне важно при проектировании применения удобрений в сложившихся

экономических условиях нашей страны учитывать расчетные и нормативные методы. К сожалению, на данном этапе развития сельского хозяйства они не позволяют дать экономическую и экологическую оценку полученных доз (Козеичева, 2011).

Выводы

- 1) Интенсификация сельскохозяйственного производства сопровождается увеличением объемов применения средств химизации, что является одним из факторов существенно влияющих на качество окружающей среды и здоровья населения.
- 2) Применение повышенных доз минеральных и органических удобрений приводит к возрастанию потока нитратного и аммонийного азота в системах почва – растения и почва – водная среда.
- 3) Внесение повышенных доз органических удобрений может оказывать более существенное влияние на содержание нитратного азота в почве и растениях, чем применение минеральных азотных удобрений.
- 4) Содержание нитратного азота в почве линейно зависит от дозы азотных и органических удобрений. При внесении азотных удобрений в дозе 350 кг д.в./га, содержание нитратного азота в почве превысило ПДК в 2,2 раза.
- 5) Неоднородность содержания нитратного азота в клубнях картофеля, в пределах поля, может достигать 70%. (коэффициент вариации)
- 6) Следствием увеличения содержания азота в водоемах является интенсивное развитие сине-зеленых водорослей. Эвтрофикация изменяет характеристику водных экосистем, физико-химический режим водоема и его видовой состав.
- 7) Использование азотных удобрений в сельском хозяйстве является ведущим источником антропогенной эмиссии N_2O в атмосферу и составляет до 40% от ее общей величины. Закись азота относится к числу основных парниковых газов.
- 8) Повышенное содержание нитратов и нитритов в продуктах питания оказывает токсическое действие на организм человека. Вызывает кислородное голодание, может приводить к летальному исходу.
- 9) При соблюдении рекомендаций по рациональному использованию сельскохозяйственных угодий, на основании многолетнего мониторинга почв

и водной среды, нормирования доз удобрений, с учетом физико-химических и агрохимических характеристик почв, можно добиться получения высоких урожаев, соответствия сельскохозяйственной продукции санитарным нормам, без ущерба качеству окружающей среды.

Список использованной литературы:

1. Агрохимия, почвоведение: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=60.
2. Азот. Роль азота в росте растений: <http://ifreestore.net/1348/17/>.
3. Андрианов А. П., Ильницкий А. П., Славная И. Л., Стрижак К. К. Онкологическая профилактика — путь к снижению онкологической заболеваемости. М., 1989. 76 с
4. Безносиков В.А. Эколого-агрохимические основы оптимизации азотного питания растений на подзолистых почвах Европейского Северо-Востока России. Автореферат докт. дисс. Пермь, ПСХА, 2000, 37 с.
5. Боглова И.В., Шапошникова И.А., Фандо Р.А., Общая биология, 2008.
6. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экология почв, часть 3, 2004 г.
7. Виды органических удобрений:
http://www.pesticidy.ru/group_fertilizers/organic_fertilizers
8. Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П., Ионас В.А. Агрохимия: Учебник-2-е изд., доп и перераб. –Мн.: Ураджац, 2001-488 с.
9. Володина Т.И., Макарова А.И. Влияние органических систем удобрения на азотный режим дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота в условиях Северо-Запада России, Агрохимия: «Наука», 2010 с.-24.
10. Гамзиков Г.П. Азотный фонд почв Западной Сибири и эффективность азотных удобрений: Автореф. дисс...докт. биол. наук.- Новосибирск.- 1978.-39 с.

11. Голицын С.Г. Парниковый эффект и изменения климата // Природа. 1990. №7. С. 17—24
12. Горюнова С. В., Демина Н. С. Водоросли — продуценты токсических веществ. М.: Наука, 1974. 256 с
13. Громов В.И., Васильев Г.А. Здоровая жизнь. Сборник. – М.: 2007.
14. Кидин В.В., Смирнов П.М., Торшин С.П. Влияние свойств дерново-подзолистой почвы азота // Агрехимия, 1984, №4, с.3-11.
15. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. с. 363
16. Козеичева Е.С. Влияние агрохимических свойств почв Центрального Нечерноземья на эффективность азотных удобрений, Москва, 2011.
17. Коплан-Дикс И. С. Социально-экономическая оценка развития антропогенного эвтрофирования водных объектов // Эволюция круговорота фосфора и эвтрофирование природных вод. Л.: Наука, 1988. С. 157—162.
18. Кудеяров В.Н., Башкин В.Н. К вопросу о загрязнении природных вод соединениями азота. //Агрехимия.- 1978, №3.- с. 19-27
19. Кузнецов Е.В., /Основы земледелия//Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет леса»/ издание 3, Москва, изд. Московского государственного университета леса 2007.
20. Лаугасте Р. А., Порк М. И. Измерение видового состава фито- планктона и первичной продукции // Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, 1980. С. 46—54.
21. Макаров Б. Н., Геращенко Л. Б. Влияние газообразных потерь азота почвы и удобрений на размер загрязнения атмосферы газообразными соединениями азота // Экологические последствия применения агрохимикатов. Пущино, 1982. С. 58—59.
22. Методические указания к лабораторной работе «Определение нитратов в экологических объектах. Ч.1 Определение нитратов в питьевых водах» по дисциплине «Физико-химический анализ в экологии» / Сост.Г.А. Сигора, А.Ш. Абибулаева - Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013 г.- 16 с.

23. Минеев В.Г. Агрохимия: Учебник.– 2-е издание, переработанное и дополненное.– М.: Издательство МГУ, Издательство «КолосС», 2004.
24. Михайленко Л. Е., Куликова И. Я. К вопросу о взаимоотношениях бактерий и сине-зеленых водорослей // Гидробиол. журнал. 1973. № 2. С. 52—59.
25. Михайлова Л.А. Агрохимия: Курс лекций – часть 1 , Удобрения: виды, свойства, химический состав // Пермь, ИПЦ «Прокрость», 2015.
26. Мишустин Е.Н. Круговорот и баланс азота в системе почва – удобрение и почва – водная среда: изд. «Наука», 1979 г.
27. Могиндовид Л.С., Глезина О.М. Агрохимические исследования в лизиметрической установке Лимбургерховской опытной станции. /Сельское хозяйство за рубежом.- 1978, №12.- с. 12-13.
28. Муравин, Э.А. Практикум по агрохимии: практическое пособие / Э.А. Муравин, Л.В. Обуховская, Л.В. Ромодина. - М.: КолосС, 2005. - 288с.
29. Мусин Р.Х., Нуриев И.С. Влияние сельскохозяйственных удобрений на качество грунтовых вод / Сост.: Мусин Р.Х., Нуриев И.С. / Ученые записки Казанского Государственного университета – т.151, книга 3, Естественные науки, 2009.
30. Мяэметс А. Х. Изменения зоопланктона // Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, 1980. С. 54—64.
31. Назарова О.В. Азотное состояние хорошо окультуренных дерново – подзолистых почв Северо-Запада России и его изменение под влиянием различных систем удобрения /Автореферат, Великие Луки, 2004.
32. Новиков Ю. В., Окладников Н. И., Сатдиутдинов М. М, Андреев И. А. Влияние нитратов и нитритов на состояние здоровья населения // Гиг. и сан. 1985. № 8. С. 58—62.
33. Осипов А.И., Соколов О.А. Роль азота в плодородии почв и питании растений, С-Петербург, 2001.
34. Петербургский А. В. О мировом производстве минеральных удобрений и применении их в зарубежных странах // Агрохимия. 1964. № 2.

35. Петросян О.А. Удобрение и подкормка, Практическое руководство. –М.: Вече, 2004.с.- 23.
36. Рекомендации по использованию органических, минеральных макро- и микроудобрений, мелиорантов для выполнения обязательных мероприятий по улучшению земель сельскохозяйственного назначения в Ростовской области. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное гос. уч., гос. центр агрохимической службы «Ростовский», п. Рассвет, 2011, с.-3
37. Руделев Е.В. Превращение азотных удобрений в почве и использование их растениями в зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственных культур // Бюллетень ВИУА, М., 1974, № 22, с 30-34.
38. Санитарные правила и нормы 11 63 РБ 98 Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.
39. Семенов В.А. Свод правил экологически безопасной сельскохозяйственной практики в условиях Ленинградской области России, часть 1, Санкт-Петербург, 2006 – с. 12.
40. Сиренко Л. А., Гавриленко М. Я. Цветение воды и эвтрофирование. Киев: Наукова думка, 1978. 232 с.
41. Скорупски Я. Доклад о развитии промышленного животноводства в регионе Балтийского моря в контексте охраны окружающей среды. Уппсала, 2013 г.
42. Смагин В. А. Заболачивание озер под влиянием антропогенной эвтрофикации // Экология. 1984. № 3. С. 70—72.
43. Смирнов П.М., Муравин Э.Л. Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений / Агрохимия / Москва «Колос», 1977.
44. Соколов О.А., Семенов В.М., Агаев А.Н. Нитраты в окружающей среде. Пушкино: ОНТИ НЦБИ, 1990. 316 с.
45. Суков А.А. Баланс азота некоторых промежуточных продуктов нитрификации // Агрохимия, 1976, №12, с 9-12.

46. Сычев В.Г., Лунев М.И., Кузнецов А.В. и др. Плодородие пахотных почв Российской Федерации, Бюллетень вып. 8, М. 2010, с-31.
47. Теория минерального питания: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 36.01.06 «Сельское хозяйство» / Сост.: В.П. Белоголовцев, Е.А. Нарушева // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014.
48. Ульянова М.А., Василенко В.И., Зволинский В.П. Роль азотных удобрений в современном сельском хозяйстве.
49. Унанянц Т. 77. Химизация сельского хозяйства в СССР и за рубежом. М.: Химия, 1981. 192 с.
50. Шафран С.А. Оптимизация азотного питания зерновых культур при разной обеспеченности дерново – подзолистых почв фосфором и калием. Автореферат докт. дисс. М., ВИУА, 1995, 51 с.
51. Швиндлерман С. П. Поступление элементов питания с атмосферными осадками в юго-восточной степи Украины // Хим в сел. хоз. 1983. Т. 21, № 12. С. 49—31.