

ТИХАНОВСКИЙ
Анатолий Николаевич

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА
ПОЧВАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

06 01 04 - агрохимия

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Работа выполнена в Ямальской сельскохозяйственной опытной станции
Сибирского отделения Российской академии сельскохозяйственных наук

Научный консультант - доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ
Ермохин Юрий Иванович

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Красницкий Владимир Михайлович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Моторин Александр Свостьянович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Синявский Василий Андреевич

Ведущая организация Сибирский научно-исследовательский институт
земледелия и химизации Сибирского отделения Российской академии
сельскохозяйственных наук

Защита диссертации состоится 15 декабря 2004 года в 10 часов на заседании
специализированного совета ДМ 220.064.02 при Тюменской государственной
сельскохозяйственной академии.

Адрес: 625003. г. Тюмень, ул. Республики, 7. тел./факс: (3452)46-87-77

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тюменской
государственной сельскохозяйственной академии

Автореферат разослан « 15 » ноября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Грекova И.В.

2005-4
21445

922522

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Широкомасштабное освоение районов Крайнего Севера Западной Сибири, превращение их в крупнейшую топливно-энергетическую базу России привело к значительному увеличению жителей. Растущее население становится крупным потребителем продуктов животноводства и растениеводства, которые в настоящее время в основном завозятся из других регионов страны.

Поставлена задача по увеличению объема малотранспортабельной высококачественной растениеводческой и животноводческой продукции местного производства. Развитие в регионе животноводства и повышение его продуктивности сдерживает слабая кормовая база. Для создания устойчивой кормовой базы проводится освоение незатопляемых земель под сельскохозяйственные культуры.

Кроме этого, остро стоит вопрос биологической рекультивации нарушенных земель, выведенных из оборота в результате освоения нефтегазовых месторождений и строительства дорог. Площадь их в Ямало-Ненецком автономном округе на 1.01.2002 г. составляла 114 тыс.га. Одной из острейших проблем в регионе является восстановление выгоревших и выбитых в результате выпаса оленьих пастбищ, площадь которых превышает 6 млн.га. Решение данных задач в экстремальных условиях Крайнего Севера имеет огромное практическое значение.

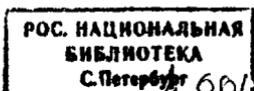
В тоже время, осваиваемые почвы региона, подстилаемые вечной мерзлотой, имеют крайне низкое плодородие. Короткий вегетационный и безморозный периоды, неудовлетворительный тепловой режим обуславливают специфику окультуривания почв. Первостепенное значение в повышении продуктивности растений имеют удобрения. До настоящего времени не проводились комплексные исследования по оптимизации питания однолетних и многолетних кормовых культур, естественных травостоев. Слабо изучено влияние доз органических, минеральных удобрений и извести на агрохимические свойства и биологическую активность почвы.

Все вышечисленное, а также необходимость экономически оправданного и экологически безопасного применения удобрений и извести обусловило целесообразность проведения исследований по оптимизации применения удобрений на почвах Крайнего Севера Западной Сибири.

Цель работы: научное обоснование системы повышения плодородия вечномерзлых почв Крайнего Севера Западной Сибири и оптимизация питания однолетних и многолетних кормовых культур, естественных трав при внесении органических и минеральных удобрений, извести.

Задачи исследований: изучить изменение агрохимических свойств окультуриваемых почв под действием различных доз органических и минеральных удобрений и извести; исследовать действие органических и минеральных удобрений на групповой и фракционный состав гумуса поверхностно-подзолистых и дерново-луговых почв; определить баланс азота, калия, кальция с помощью стабильного ^{15}N и радиоактивных изотопов ^{86}Rb и ^{45}Ca в системе «удобрение-

I



почва-растение»; установить коэффициент использования азота, фосфора, калия, кальция однолетними и многолетними культурами, естественными травостоями; определить биологическую активность почв Крайнего Севера под действием удобрений и извести; изучить динамику поглощения растениями азота, фосфора и калия в зависимости от норм удобрений и извести; определить влияние удобрений и извести на накопление тяжелых металлов и радионуклидов в почве и растениях; установить действие органических и минеральных удобрений, извести на формирование урожая однолетних и многолетних кормовых культур, травостоев природных лугов; исследовать влияние удобрений и извести на химический и микроэлементный состав кормов; определить экономическую и энергетическую эффективность применения органических и минеральных удобрений, извести под однолетние и многолетние травы, естественные сенокосы.

Научная новизна. Впервые методом изотопной индикации (^{15}N) изучен баланс азота удобрений в системе «почва-удобрение-растение», определен коэффициент использования азота однолетними травами и естественными травостоями в условиях Крайнего Севера, в том числе и из различных видов азотных удобрений, установлено действие различных норм азотных >удобрений на статьи его баланса. Проведены исследования с использованием радиоактивных изотопов рубидия (^{86}Rb) и кальция (^{45}Ca) по изучению баланса калия и кальция в системе «почва-растение» и определены коэффициенты их использования рапсом яровым, установлены потери и распределение данных элементов в растениях при различных дозах внесения удобрений. На вечномерзлых почвах проведены исследования с использованием торфа, навоза и минеральных удобрений, установлено их влияние на фракционный и групповой состав гумуса. Обладают научной новизной данные по изменению фосфатного состава почвы под действием удобрений и извести. В почвах Крайнего Севера Западной Сибири определены численность и биомасса основных таксономических групп почвенных микроорганизмов с помощью метода люминесцентной микроскопии в зависимости от внесения удобрений и извести и установлено их влияние на эукариотный и прокариотный микробный комплекс. Определена степень влияния различных норм органических и минеральных удобрений и извести на накопление тяжелых металлов и радионуклидов в почве и кормах. Обладают новизной данные по потреблению кормовыми растениями элементов питания в онтогенезе и выносу их с урожаем из тундровых вечномерзлых почв под действием различных норм удобрений и извести. Изучены вопросы накопления нитратов в однолетних, многолетних и естественных травах под действием удобрений и извести, установлены предельные нормы азотных удобрений для этих культур, позволяющие получать экологически безопасную продукцию.

Теоретическая значимость работы. Основные положения диссертации позволяют расширить наши представления об азотном, фосфорном, калийном, кальциевом питании растений на Крайнем Севере, определить пути повышения агрохимической эффективности вносимых органических, минеральных удобрений и извести под однолетние и многолетние кормовые культуры, естественные травостои лугов. Методом изотопной индикации установлены ко-

эфициенты использования азота, калия и кальция однолетними кормовыми культурами и естественными травостоями лугов, изучен баланс азота, калия, кальция в системе «удобрение-почва-растение». Методом люминесцентной микроскопии определена численность и биомасса основных таксономических групп почвенных микроорганизмов в зависимости от доз навоза, торфа и минеральных удобрений. Определено, что внесение навоза и торфа стимулировало доминирующий в почве эукариотный комплекс. Совместное внесение навоза и NPK в большей степени стимулировало прокариотный, чем эукариотный комплекс. Установлено влияние внесения навоза, торфа и минеральных удобрений на изменение группового и фракционного состава гумуса на поверхностно-подзолистых и дерново-луговых вечномерзлых почвах. Выявлена степень влияния удобрений и извести на накопление в почве и кормах тяжелых металлов и радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs . Определено действие органических и минеральных удобрений, извести в длительных опытах на изменение агрохимических свойств зональных вечномерзлых почв.

Практическая значимость работы. Разработанная система применения удобрений на вечномерзлых почвах позволяет существенно повысить их эффективное плодородие и увеличить урожайность кормовых культур. Коэффициенты использования азота, калия и кальция различными кормовыми растениями могут быть использованы при программировании урожаев. Полученные в результате исследования данные по содержанию в кормах тяжелых металлов и радионуклидов позволяют рекомендовать производству оптимальные дозы удобрений и извести с учетом экологических требований. Определена эффективность органических, минеральных удобрений и извести на продуктивность кормовых растений, установлены оптимальные дозы и сочетания их под кормовые культуры и естественные травостои лугов. Установлена особая роль азотных удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур на почвах Крайнего Севера, определены оптимальные дозы азота под однолетние и многолетние кормовые культуры, естественные травостои лугов. Основные выводы диссертации использованы при подготовке рекомендаций и зональной системы мелиорации.

Результаты исследований внедрены в сельскохозяйственных предприятиях Ямало-Ненецкого автономного округа при освоении и окультуривании земель, возделывании однолетних и многолетних кормовых культур. Применение рекомендаций в производстве обеспечивает получение 3,5-7,0 т/га сухой массы кормов. Кроме того, результаты исследований используются при биологической рекультивации земель.

Основные выводы диссертационной работы используются в учебном процессе при обучении студентов в Тюменской государственной сельскохозяйственной академии

Защищаемые положения:

- особенности действия органических и минеральных удобрений и извести на агрохимические и биологические свойства почв и продуктивность кормовых культур;
- оптимальные нормы внесения удобрений извести под кормовые культуры

ры с учетом действия их на химический состав растений;

- коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений.

Апробация. Материалы диссертации доложены и обсуждены на ученых советах Ямальской СХОС (1985-2001 гг.), НИИСХ Северного Зауралья (1985-2001 гг.), на конференциях молодых ученых и специалистов сельского хозяйства (Тюмень, 1987), на окружных совещаниях руководителей и специалистов Ямало-Ненецкого АО (Салехард, 1987-1998 гг.), на научно-практической конференции «Современные проблемы научного обеспечения АПК» (Тюмень, 1989), на научной конференции НПО «Колос» (Омск, 1989), на седьмом Всесоюзном симпозиуме по новым кормовым растениям (Сыктывкар, 1990), на научно-практической конференции «Развитие Тюменского АПК в XIII пятилетке и на период до 2005 года» (Тюмень, 1990), на Международной конференции «Экологическая безопасность регионов и рыночные отношения» (Москва, 1993), на второй конференции по сельскому хозяйству приполярной зоны (Тромсо, 1995), на четвертой Международной конференции «Освоение Севера и проблемы природовосстановления» (Сыктывкар, 1998), на третьей Приполярной сельскохозяйственной конференции «Приполярное сельское хозяйство: перспективы, глобализация» (Анкоридж, 1998), на пятой Международной конференции «Освоение Севера и проблемы природовосстановления» (Сыктывкар, 2001), на Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы почвенного плодородия и ресурсосберегающие технологии» (Тюмень, 2003).

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано тридцать пять печатных работ, в том числе, четыре рекомендации, система мелиорации в Северном Зауралье, одна монография.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, восьми глав, общих выводов, предложений производству и охране окружающей среды; изложена на 358 страницах машинописного текста, содержит 135 таблиц, 13 рисунков, 38 приложений. Список использованной литературы включает 348 наименований, из них 20 на иностранных языках.

Работа выполнена в соответствии с планом Сибирского отделения ВАСХНИЛ и РАСХН (1985-2000 гг.), где автор является исполнителем и руководителем НИР. В проведении экспериментальных работ принимали участие д-р с.-х. наук И.И. Исекеев, ст. науч. сотр. Т.К. Названова, ст. науч. сотр. Е.Д. Бажанова. Материалы этих исследований вошли в совместные публикации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 Состояние изученности проблемы

В главе обобщены результаты исследований по проблеме применения удобрений на Крайнем Севере, особенностям потребления элементов питания из почв при низких температурах, влиянию удобрений и извести на формирование биомассы растений.

2 Объекты, условия и методика исследований

Объектом исследований являлись почвы лесотундровой зоны, на которых выращивали однолетние (овес, рапс яровой, горох, райграс однолетний) и многолетние травы (костер безостый + овсяница красная).

Исследования проводились в Ямало-Ненецком автономном округе, расположенном на Крайнем Севере Западной Сибири.

Климатические особенности этого региона обусловлены географическим положением. Большая часть его территории находится за Полярным Кругом, меньшая - южнее его. Среднегодовая температура составляет -7°C . Сумма температур (выше $+5^{\circ}\text{C}$) составляет $1100-1200^{\circ}\text{C}$ (76-129 дней). Осадков выпадает 220-400 мм в год, из них 60% - в весенне-летний период. Температура почвы на глубине 10 см самого теплого месяца - июля не превышает $+15^{\circ}\text{C}$. С глубины 90-200 см почва подстилается вечной мерзлотой.

Для решения поставленных задач в годы проведения исследований заложено 15 полевых и микрополевых¹ краткосрочных и долгосрочных опытов.

Опыты закладывались на поверхностно-подзолистой элювиально-глеевой супесчаной вновь освоенной почве с содержанием в слое 0-20 см: гумуса - 1,1-2,1%, подвижного фосфора - 36-73 мг/кг, калия - 31-34 мг/кг почвы, рН - 3,99-4,20 и старопахотной: гумуса - 2,94-2,98%, фосфора - 224-228 мг/кг, калия - 152-159 мг/кг почвы, рН - 4,29-4,39; дерново-пойменной супесчаной: гумуса - 1,15-1,19%, фосфора - 192-200 мг/кг, калия - 70-72 мг/кг почвы, рН - 3,96-3,99.

Химический состав почвы определяли перед закладкой и завершением опытов по следующим методам: азот - по Кьельдалю, гумус - по Тюрину, фосфор и калий - по Кирсанову, рН - потенциометрически, сумму поглощенных оснований - по Каппену-Гильковицу, микроэлементы по Ринькису на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Качественный и количественный анализ микрофлоры проводили по общепринятым в почвенной микробиологии методам (Методы почвенной микробиологии, 1991).

В растительных пробах по общепринятым методикам определяли: общий азот по Кьельдалю, сырую клетчатку - по Кюршнеру и Ганеку, сырой жир по СВ. Рушковскому в аппарате Сокслета, сырую золу - методом сухого озоления, фосфор - по Дениже в модификации Трота, калий - на пламенном фотометре, кальций - трилонометрически (с трилоном Б), нитратный азот - на ионометре, микроэлементы - атомно-абсорбционным спектрофотометре.

Активность ^{86}Rb и ^{45}Ca в почвенных и растительных пробах учитывали на малофоновой установке УМФ-1500 с помощью счетчика БФЛ-25 со счетным устройством ПП-16. Полевые и микрополевые опыты выполнялись с учетом требований «Методики полевого опыта» (Доспехов, 1979).

Применялась рекомендуемая для данной зоны агротехника выращивания кормовых культур. Урожайность зеленой массы учитывалась со всей учетной площади и пересчитывалась в сухую массу.

Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного и корреляционного анализов (Доспехов, 1979, 1985).

3 Влияние удобрений и извести на агрохимические свойства почвы

Агрохимические свойства. Внесение удобрений и извести на старопашотную поверхностно-подзолистую элювиально-глеевую супесчаную почву изменяло ее агрохимические свойства (таблица 1).

Таблица 1 - Влияние удобрений и извести на агрохимические свойства старопашотной почвы (среднее за 1985 - 1987 гг.)

Вариант	Горизонт, см	Гумус, %	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	рН (KCl)	Мг-экв. 100 г почвы		V, %
							Hr	S	
Без удобрений	0-20	2,94	3,6	228,1	152,0	4,29	5,62	5,0	48,1
	20-40	0,59	1,7	38,0	88,0	3,90	6,64	3,2	32,3
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	2,93	21,9	257,2	172,0	4,30	6,08	5,4	47,4
	20-40	0,63	3,3	32,1	83,2	3,86	7,28	2,5	25,5
Известь 1,0 г.к.	0-20	2,97	7,1	256,2	159,2	5,13	2,24	11,3	83,4
	20-40	0,43	2,4	37,1	118,0	3,96	5,55	3,1	35,7
Навоз 60 т/га	0-20	2,98	3,7	226,0	175,0	4,39	5,35	6,3	55,0
	20-40	0,55	1,5	37,0	95,3	3,90	5,94	3,8	38,7
Навоз 120 т/га	0-20	3,02	7,0	249,2	174,1	4,37	4,69	7,0	59,4
	20-40	0,49	1,5	41,0	112,4	3,93	6,35	3,7	36,8
Навоз 60 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + известь 1,0 г.к.	0-20	3,06	17,5	259,1	174,0	5,33	2,39	14,0	85,3
	20-40	0,54	2,9	43,2	93,0	3,95	6,02	4,7	43,2
Навоз 120 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + известь 1,0 г.к.	0-20	3,09	17,5	293,3	188,1	5,55	2,45	16,5	86,8
	20-40	0,56	2,7	53,0	101,2	3,98	6,02	4,9	43,6

Наибольшее снижение кислотности произошло при применении полуторной и двойной доз извести. Величина рН по этим дозам повышалась от сильно кислого (4,33) до близко к нейтральному уровню (6,13-6,28), гидролитическая кислотность уменьшалась (на 75%), повышалась сумма поглощенных оснований (на 239%), степень насыщенности основаниями (на 75%). Математическая обработка данных показала, что существует сильная корреляционная зависимость между дозами извести и рН, Нг, S, V слоя почвы 0-20 см (r=0,99). Самое высокое действие извести отмечено на второй год после ее внесения. Начиная с третьего года эффективность известкования снижается (повышается актуальная и гидролитическая кислотность). Особенно это заметно при внесении полуторной и двойной извести. Известкование дерново-пойменных супесчаных почв оказало более существенное влияние на снижение почвенной кислотности. Устранение избыточной кислотности не оказывало действия на содержание нитратного и аммонийного азота, но повышало количество подвижного фосфора на 34-41 мг/кг почвы.

Внесение навоза (120-480 т/га) положительно действовало на агрохимические свойства вновь освоенной почвы: снижалась актуальная и обменная ки-

слотность на 45-49%, увеличивалась сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями. Систематическое внесение различных доз минеральных удобрений на фоне навоза повышало как актуальную, так и гидролитическую кислотность, происходило снижение насыщенности почв основаниями. Совместное применение навоза и минеральных удобрений (480 т/га + N₁₈₀P₂₁₀K₂₄₀) увеличивало содержание общего азота в почве с 0,020 (контроль) до 0,072%, валового фосфора - с 0,073 до 0,132%, калия - с 0,053 до 0,192%. Навоз, как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями, повышал содержание подвижного фосфора в почве в 2,5 раза по сравнению с контролем, нитратов - в 4,6 раза, аммонийного азота - в 15,4 раза.

Под действием систематического применения минеральных удобрений в чистом виде и совместно с торфом (120-720 т/га) на 9 год исследований значительно увеличилось содержание нитратного азота и подвижных форм фосфора и калия.

Гумус. Внесение навоза (120-480 т/га) увеличивает содержание общего углерода в слое почвы 0-20 см в 1,3-1,9 раза (таблица 2). Тип гумуса (Сгк:Сфк) исследуемых почв гуматно-фульватный и под действием высокой дозы навоза (480 т/га) и совместно с N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ переходит в фульватно-гуматный.

Таблица 2 - Изменение фракционного состава гумуса в слое почвы 0-20 см под действием навоза и минеральных удобрений, % к С_{общ}

Вариант	С _{общ} , %	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты				Нераст. остаток	Сгк/Сфк	
		1	2	3	ФМ-ма	1а	1	2	3			ФМ-ма
Без удобрений	0,62	129	1,6	22,6	37,1	193	193	4,8	9,6	53,2	9,7	0,69
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,66	7,6	1,5	22,7	31,8	16,7	15,1	6,1	12,1	50,0	18,2	0,64
Навоз 120 т/га	0,80	13,7	1,2	18,8	33,7	18,7	12,5	5,0	11,3	47,5	18,8	0,71
Навоз 120 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,86	12,8	1,2	20,9	34,9	16,3	11,6	10,5	15,1	53,5	11,6	0,65
Навоз 240 т/га	0,92	14,1	1,1	20,7	35,9	15,2	8,7	9,8	15,2	48,9	15,2	0,73
Навоз 240 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,94	11,7	1,1	19,1	31,9	12,8	12,8	8,5	11,7	45,8	22,3	0,67
Навоз 480 т/га	1,21	10,7	1,7	23,1	35,5	8,3	9,1	7,4	9,9	34,7	29,8	1,02
Навоз 480 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	1,24	12,1	0,8	22,6	35,5	10,5	9,7	5,6	8,9	34,7	29,8	1,19

В гумусе поверхностно-подзолистых элювиально-глееватых вечномерзлых почв преобладали фульвокислоты. В составе фульвокислот основную долю составляли фракции ФК-1а и ФК-1. Под действием высокой дозы навоза (480 т/га) в чистом виде и в сочетании с минеральными удобрениями содержание этих фракций снижалось в 1,8-2,3 раза.

В гуминовых кислотах преобладают фракция ГК-3 (18,8-23,1%) и фракция ГК-1 (7,6-12,9%). Фракция ГК-2 присутствует в незначительных количествах.

вах-0,8-1,7%.

Применение торфа (120-720 т/га) повышало содержание углерода в поверхностно-подзолистой почве в 1,44,1 раза по сравнению с контролем. Под действием высоких доз торфа (240-480 т/га) происходило изменение типа гумуса с гуматно-фульватного на фульватно-гуматный, а при дозе 720 т/га - на гуматный. Внесение торфа (120-720 т/га) увеличивало содержание в почве фракции ГК-1 по сравнению с контролем, и произошло снижение содержания фракций ГК-2 и ГК-3, что, по-видимому, связано с увеличением кислотности и ее действием на изменение содержания этих фракций. При высоких дозах торфа (480-720 т/га) снизилось содержание фракций ФК-Ia и ФК-1. Содержание фракции ФК-2 не изменялось.

Содержание общего углерода в дерново-пойменной супесчаной почве было в пределах 0,76-0,81%. Под действием удобрений и извести слабо изменялся групповой и фракционный состав гумуса почвы. В составе гуминовых кислот преобладали фракции ГК-1 и ГК-3. Их содержание было соответственно 10,4-15,4% и 10,5-17,9% по отношению к общему углероду почвы, а фракция ГК-2 составляла 1,2-2,6%. Сумма фракций гуминовых кислот составляла 26,0-34,6%, в то время как фульвокислот было 43,5-50,4%.

Микроэлементы. Известь (2,0 г.к.) в первый год действия в слое почвы 0-20 см существенно снижала содержание железа с 2356,7 до 1468,3 мг и марганца с 72,7 до 48,5 мг/кг ($r = 0,95-0,96$). Одновременно повышалось содержание магния с 184,3 до 208,7 мг/кг и натрия с 11,4 до 17,4 мг/кг. Известь не оказывала действия на накопление цинка, меди и стронция.

Под действием торфа (120-720 т/га) в почве заметно возрастало содержание марганца (на 31,5-579,3%). Совместное внесение больших доз торфа (480-720 т/га) и минеральных удобрений повышало содержание марганца в почве на 497,8-707,7% по сравнению с вариантом без торфа. Установлена сильная связь доз торфа с содержанием марганца в почве ($r = 0,98$). Внесение торфа и минеральных удобрений сказывалось на содержании бора. Его количество под действием торфа составило 42,8-58,6% по сравнению с контролем ($R^2 = 0,91$). Внесенный торф увеличивал содержание кобальта в почве на 44,4% (с 0,9 мг/кг до 1,3 мг/кг почвы), а систематическое использование минеральных удобрений повышает содержание кобальта по сравнению с вариантом без удобрений - на 11,1-84,6%.

Навоз (120-480 т/га) снижал содержание марганца в почве на 200%, а применение минеральных удобрений увеличивало его накопление на 20,0-100,0%.

Радионуклиды. Внесение извести (2,0 г.к.) на старопашотных супесчаных поверхностно-подзолистых почвах повышало в 2,2 раза закрепление ^{90}Sr по сравнению с фоном. В работах Б.Н. Аненкова и Е.В. Юдинцевой (1991) также отмечалось, что добавление извести в дерново-подзолистую почву резко повышало долю прочно закрепленных радионуклидов ^{90}Sr и способствовало их переводу в необменное состояние. Известкование высокими дозами (1,5 и 2,0 г.к.) приводило к увеличению закрепленных в почве радионуклидов ^{137}Cs в 1,2-1,3 раза по сравнению с фоном. В зависимости от доз известковых удобрений воз-

растает активность в почве ^{90}Sr и ^{137}Cs ($r = 0,98, 0,91$). Внесение высоких доз навоза (120-480 т/га) отдельно и совместно с минеральными удобрениями повышало активность радионуклидов стронция в почве в 1,4-1,5 раза, цезия в 1,2 раза.

Фосфатный состав. Под влиянием известкования значительно повышается доступность растениям фосфатов кислых почв в результате трансформации труднодоступных соединений в более подвижные. Происходит изменение фракционного состава фосфора старопахотных почв, особенно резко возрастает содержание фракции Ca-P_I (в 2,8 раза) при внесении извести по 2,0 т.к., а фракции Ca-P_{II} - в 2,1 раза (таблица 3).

Таблица 3-Влияние различных доз извести на фракционный состав почвенных фосфатов в слое 0-20 см под рапсом яровым (среднее за 1985-1987 гг.), мкг/кг почвы

Вариант	Ca-P _I	Ca-P _{II}	Al-P	Fe-P	Ca-P _{III}	Сумма фракций
Без удобрений	9,6	11,2	29,8	37,9	12,1	100,6
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ - фон	12,1	13,1	33,1	38,6	11,4	108,3
Фон + известь 0,5 г.к.	11,8	13,0	32,2	37,6	11,3	105,9
Фон + известь 1,0 г.к.	14,8	16,3	24,4	34,9	13,8	104,2
Фон + известь 1,5 г.к.	21,3	19,6	23,6	31,1	18,2	113,8
Фон + известь 2,0 г.к.	27,4	23,6	20,1	30,6	17,4	119,1

Снижается содержание фракций Al-P и Fe-P соответственно в 1,7 и 1,8 раза. У всех групп фосфатов прослеживается сильная корреляционная связь с реакцией почвенной среды. Со снижением кислотности происходит увеличение содержания Ca-P_I , Ca-P_{II} и Ca-P_{III} , а количество Al-P и Fe-P снижается ($r = 0,84-0,96$). Как в случае с известью существует сильная корреляционная зависимость между дозами внесения навоза и содержанием различных фракций фосфатов почвы ($r=0,89-0,98$).

Тяжелые металлы. Внесение торфа (120-720 т/га) приводило к увеличению содержания кадмия в поверхностно-подзолистой элювиально-глеевой супесчаной почве на 62,5%. Минеральные удобрения, как на фоне торфа, так и в чистом виде, изменяли содержание кадмия, повышая его количество на 30-75%. Систематическое внесение минеральных удобрений на фоне торфа увеличило концентрацию свинца в почве на 42,3-43,7%. Содержание цинка возрастает под действием торфа (720 т/га) на 20,8%. Минеральные удобрения, особенно внесенные в высоких дозах, повышали содержание цинка на 16,1-43,7%.

Систематическое применение минеральных удобрений увеличивает накопление свинца на 16,9-27,4% как на фоне навоза, так и в чистом виде, по сравнению с контролем.

Внесение извести (0,25-0,5 г.к.) в дерново-пойменную почву приводило к снижению накопления свинца на 25,8, цинка - на 19, никеля - на 12,5, железа и марганца соответственно на 105,9 и 74,8% и увеличивало содержание меди на

33,3%. Азотные удобрения (30-150 кг д.в.) на фоне извести повышали содержание железа и марганца на 70,9-122,6 и 40,0-95,7%.

4 Микробиологическое состояние почв Крайнего Севера Западной Сибири при их окультуривании

Внесение органических и минеральных удобрений при окультуривании глеево-подзолистых элювиально-глеевых почв Крайнего Севера улучшает их биологические свойства. Применение навоза повышало численность аммонифицирующих бактерий, учитываемых на МПА, в 1,9-2,5 раза. Значительно большее стимулирующее влияние на развитие бактерий-аммонификаторов оказало внесение полного минерального удобрения. Их численность увеличилась на второй год опыта по сравнению с контролем в 2,7 раза, по сравнению с навозом - в 1,4 раза.

На группировку автотрофных бактерий, потребляющих азот минеральных соединений и учитываемых на КАА, наибольшее стимулирующее влияние оказывал навоз. В отличие от аммонифицирующих бактерий, автотрофы позитивно реагировали на увеличение его дозы. Внесение одних минеральных удобрений повышало численность автотрофных бактерий в меньшей степени, чем навоз. При совместном внесении навоза и минеральных удобрений численность бактерий на КАА тоже повышалась, но была ниже, чем при внесении одного навоза.

Отмечена тесная связь между дозами внесения навоза в почву и процессом нитрификации - содержанием $\text{NO}_3\text{-N}$ ($r = 0,95$). Внесение минеральных удобрений в дозе $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ увеличивало нитрификационную способность исследуемой почвы в 8 раз по сравнению с контролем. Наиболее благоприятно для нитратобразования сочетание минеральных удобрений ($\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$) с навозом. Нитрификационная способность при внесении навоза 480 т/га + NPK превышала контроль в 32 раза, в то время как при внесении NPK в чистом виде - в 3,9 раза.

Внесение навоза повышает фосфатазную активность по сравнению с исходной почвой и особенно с вариантом, где вносили одни минеральные удобрения. Причем, с увеличением дозы органического удобрения активность фосформинерализующих бактерий увеличивается, достигая максимального значения при внесении 480 т/га. Между дозами навоза и содержанием фосфатазы отмечена сильная корреляционная зависимость ($r = 0,98$).

Каталазная активность возрастала при внесении навоза. При этом увеличение дозы последнего сопровождалось активизацией процесса разложения образующейся в почве перекиси водорода ($R^2 = 0,87$). Активность фермента, участвующего в процессе гумусообразования, резко увеличилась при максимальной дозе навоза 480 т/га и особенно при сочетании ее с NPK. Количество кислорода, образующегося в результате разложения перекиси водорода, увеличилось по сравнению с контролем в 9,6 раза и в 8,9 раза по сравнению с одним минеральным удобрением. Наблюдается тесная связь между дозами навоза и образованием гумуса в почве ($r = 0,95$).

При внесении торфа (120-720 т/га) увеличилась численность аммонификаторов. В большей степени активизация этой группы микроорганизмов происходит при внесении одних минеральных удобрений. На количество актиномицетов позитивное влияние оказало также сочетание минеральных удобрений и торфа в дозе 480 и 720 т/га, где получена наибольшая их численность.

Численность бактерий в почве без внесения навоза была невысока и составляла 1,2 млрд.кл/г почвы (рисунок 1). Внесение навоза привело к увеличению численности бактерий примерно в 1,2-2 раза. Наибольшее количество было зафиксировано при внесении навоза в дозе 240 т/га (2,2 млрд.кл/г).

Внесение полного минерального удобрения привело к увеличению численности бактерий в почве в 1,5 раза по сравнению с контролем. Дозы навоза (120-720 т/га) увеличивали длину мицелия актиномицетов в 1,4-1,8 раз по сравнению с контролем. Наибольшая длина актиномицетного мицелия была зафиксирована в почве варианта, где навоз вносился в дозе 480 т/га. Внесение NPK способствовало резкому увеличению длины актиномицетного мицелия.

Численность грибных спор была максимальной в варианте с внесением 480 т/га навоза. Во всех остальных вариантах она практически не менялась. Длина грибного мицелия была максимальной в варианте с внесением навоза в дозе 240 т/га, составляя около 900 м/г. Внесение NPK увеличило содержание грибного мицелия в 1,5 раза по сравнению с контролем.

При внесении торфа (120-720 т/га) в чистом виде и совместно с NPK максимальная численность бактерий регистрировалась в контрольном варианте и составляла 2,2 млрд.кл/г почвы. Внесение торфа не благоприятствовало развитию бактерий, а при максимальной дозе (720 т/га) их численность снижалась до значения 1,5 млрд.кл/г. Внесение NPK снижало численность бактерий в этой почве. Сочетание торфа и NPK также не благоприятствовало бактериальному комплексу: численность бактерий с NPK была в 1,5-3 раза ниже по сравнению с вариантами опыта, где вносился только торф. Максимальная численность бактерий в этом опыте наблюдалась при сочетании NPK с торфом в дозе 240 т/га - 1,7 млрд.кл/г, но и здесь она была ниже, чем в контроле.

Длина актиномицетного мицелия была максимальной в контроле. Внесение торфа угнетало актиномицетный комплекс, особенно при высоких дозах. Внесение NPK привело к снижению длины актиномицетного мицелия в 1,5 раза по сравнению с контролем. Численность грибных спор слабо зависела от дозы внесения торфа. Максимальная численность спор регистрировалась в варианте с дозой внесения торфа 480 т/га. Внесение NPK увеличило численность спор по сравнению с контролем. Длина грибного мицелия в варианте без внесения удобрений составляла 480 м/г. Использование торфа в дозах 120 и 240 т/га привело к увеличению длины грибного мицелия - свыше 1000 м/г. Дальнейшее возрастание дозы торфа снизило длину мицелия грибов до контрольных значений.

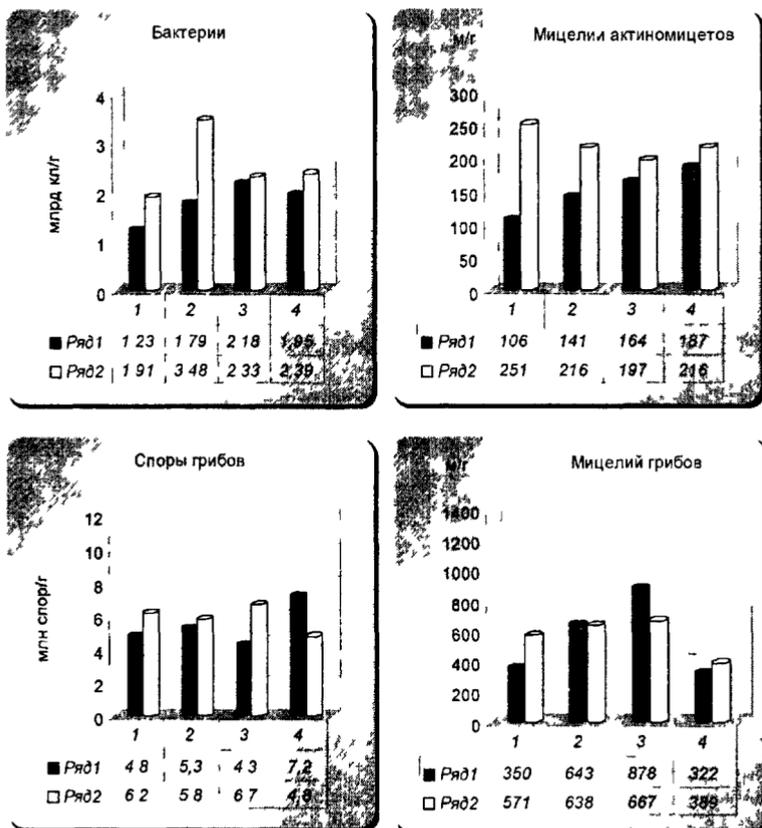


Рисунок 1 - Динамика численности бактерий, спор грибов, актиномицетного и грибного мицелия в поверхностно-подзолистой почве

Ряд 1	Ряд 2
1 - без навоза	1 - $N_{120}P_{90}K_{120}$
2 - навоз (120 т/га)	2 - навоз (120 т/га) + $N_{120}P_{90}K_{170}$
3 - навоз (240 т/га)	3 - навоз (240 т/га) + $N_{120}P_{90}K_{170}$
4 - навоз (480 т/га)	4 - навоз (480 т/га) + $N_{120}P_{90}K_{170}$

Таким образом, как внесение навоза, так и применение торфа стимулировало доминирующий в почве эукариотный комплекс. Но этот эффект наблюдался до определенных пороговых величин внесения, за рамками которых сменялся на противоположный. При этом внесение навоза благоприятствовало и

прокариотным микроорганизмам, а использование торфа не оказало влияния на их содержание в почве, что может быть связано с меньшим количеством в торфе легкодоступной органики.

5 Баланс питательных веществ в почве при возделывании однолетних и многолетних трав, естественных травостоев

Потребление элементов питания. В условиях Крайнего Севера, особенно значим для растения азот. Интенсивное потребление азота рапсом наблюдалось в периоды всходы-бутионизация (0,75-2,75 кг/га в сутки) и бутионизация-цветение (0,87-3,87 кг/га). За это непродолжительное время (от всходов до цветения 42 дня) растения усвоили из почвы основное количество азота, необходимое для прохождения жизненного цикла. С увеличением дозы азота суточное потребление его повышалось. Выявлена закономерность между процентным содержанием азота в растениях рапса и среднесуточным его потреблением ($r=0,82-0,99$).

Потребление фосфора и калия происходило аналогично азоту. Увеличение дозы калийных удобрений приводило к повышению потребления калия растениями.

Вынос элементов питания. Вынос азота из почвы рапсом яровым был 18,1-32,3 кг с 1 т сухой массы. Использование азотных удобрений увеличивает его вынос на 7,4-14,2 кг и снижает коэффициент его использования рапсом яровым по сравнению с контролем. Вынос фосфора с 1 т сухой массы составил 3,5-5,5 кг. КИУ фосфора рапсом был 12,9-19,0%. Отчуждение калия с 1 т сухой массы рапса ярового было 25,3-34,5 кг. Под действием больших доз азотных удобрений (180-240 кг д.в.) вынос калия с сухой массой увеличился по сравнению с фонами (P_{90-120} и $K_{120-150}$) на 4,1-4,8 кг. КИУ калия под влиянием азотных удобрений повышался с 53,1% при $N_{60}P_{90}K_{120}$ до 83,0% - $N_{180}P_{90}K_{120}$.

Под действием доз извести (0,5-2,0 г.к.) возрастал коэффициент использования азота удобрений. Максимальным он был при норме 2,0 г.к. - 85,7%, что связано со снижением кислотности почвы и повышением микробиологической деятельности почвы. При внесении извести (0,5-2,0 г.к.) наблюдалось увеличение КИУ фосфора и снижение кальция.

Вынос азота с урожаем естественных травостоев при внесении азотных удобрений (30-150 кг д.в.) увеличивался. Под действием азота повышался вынос калия. Расход кальция на создание 1 т сухой массы при различных уровнях азотного питания был 8,2-13,4 кг. Вынос кальция возрастал под действием известкования с 8,2-9,1 кг на вариантах без извести до 12,1-13,4 кг при внесении извести 0,5 г.к. КИУ фосфора естественным травостоем был 1,1-17,3%. Под действием азотных удобрений использование фосфора травами повышалось в 3,3 раза, калия - в 3,4 раза. Использование кальция травами луга при известковании было низким и составило 0,3-0,9%.

Вынос азота многолетними травами в наших исследованиях был 13,9-24,1 кг с 1 т сухой массы. С увеличением дозы азотных удобрений повышался вынос азота. Затраты калия на формирование 1 т сухой биомассы многолетних трав

составили 10,2-18,8 кг. Использование калия травами из минеральных удобрений составило 21,7-46,4%, из навоза - 2,8-6,0%.

Коэффициент использования удобрений фосфора многолетними травами был довольно низким и составил 4,6-10,2%, из навоза - 1,1-1,6%

Баланс элементов питания. Исследование баланса элементов питания при внесении различных доз навоза и минеральных удобрений показало, что некомпенсируемый вынос азота, фосфора и калия был на контрольном варианте и за 9 лет составил соответственно -207, -31 и -175 кг/га (таблица 4).

Таблица 4 - Баланс элементов питания под кормовыми культурами на поверхностно-подзолистой элювиально-глеевой почве (среднее за 1992-2000 гг)

Вариант		Внесено			Вынос			Баланс			Интенсивность баланса, %		
доза навоза, т/га	минеральные удобрения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без навоза	без удобрений	-	-	-	207	31	175	-207	-31	-175	-	-	-
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	960	720	960	731	92	584	229	628	376	131	800	164
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	960	1200	1440	792	120	739	168	1080	701	121	1000	195
120	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	1140	1680	1920	931	116	750	509	1564	1170	155	1448	256
	без удобрений	192	107	147	246	40	208	-54	67	-61	78	267	71
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	1152	827	1107	814	113	662	338	714	445	141	732	167
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	1152	1307	1587	904	145	881	248	1162	706	127	901	180
240	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	1632	1787	2067	1050	164	914	586	1623	1153	155	1090	226
	без удобрений	384	214	294	312	50	293	72	164	1	123	428	100
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	1344	934	1254	876	113	719	468	821	535	153	826	174
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	1344	1414	1734	938	143	955	406	1271	779	143	989	181
480	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	1824	1894	2214	1150	182	1071	674	1712	1143	159	1041	207
	без удобрений	768	428	588	387	86	456	381	342	132	198	498	129
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	1728	1148	1548	1026	166	933	702	982	615	168	691	166
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	1728	1628	2028	1079	202	1270	649	1426	758	160	806	160
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	2208	2108	2508	1361	224	1408	847	1884	1100	162	941	178

При внесении удобрений N₁₂₀ P₉₀ K₁₂₀ повысилась приходная составляющая баланса и при этом увеличилась его расходная часть. Баланс азота, фосфора и калия при внесении данных доз удобрений на фоне без навоза был положительным. Внесение навоза (120-480 т/га) увеличило приходную составляющую баланса. Однако при дозе навоза 120 т/га баланс азота и калия был отрицательным. Повышение вносимых норм навоза и на его фоне минеральных

удобрений увеличило поступление в почву элементов питания, вместе с тем возрастал вынос и баланс, и снижалась интенсивность баланса по фосфору и калию. Самая высокая интенсивность баланса рассматриваемых элементов питания была при внесении минеральных удобрений без навоза.

Применение навоза (120-480 т/га), минеральных удобрений ($N_{120-180}P_{90-210}K_{120-240}$) позволяет получить превышение поступивших элементов питания над выносом по азоту в 1,21-1,98 раза, фосфору - 2,67-14,5, калию - 1,0-2,6 раза.

Некомпенсируемый вынос элементов питания (азот, фосфор, калий) под кормовыми культурами за 9 лет при внесении торфа (120-720 т/га) сложился на контроле и составлял по азоту - 144 кг/га, фосфору - 24 и калию - 136 кг/га. Применение торфа в чистом виде 120-720 т/га давало отрицательный баланс по калию на всех нормах торфа. Здесь же была отрицательная величина баланса по азоту при дозе торфа 120 т/га, по всем остальным вариантам опыта она была положительной. Интенсивность баланса азота при внесении торфа в чистом виде была 97-465%, фосфора - 106-425 и калия - 7-226 %. При внесении минеральных удобрений в дозах $N_{120-180}P_{90-210}K_{120-240}$ интенсивность баланса составила по азоту 156-278%, фосфору - 679-1400%, калию - 142-261%. Внесение минеральных удобрений на фоне торфа снижает интенсивность баланса торфа и калия по сравнению с контролем соответственно на 283-446% и 37-61%. Интенсивность баланса азота под кормовыми культурами с увеличением доз торфа возрастала.

Баланс азота с применением ^{15}N . Исследование баланса азота на поверхностно-подзолистых элювиально-глеватых супесчаных вечномерзлых почвах под рапсом яровым с применением ^{15}N показало, что увеличение дозы азотного удобрения ($N_{60}N_{120}$) приводит к снижению степени использования внесенного азота рапсом яровым. При этом его потери увеличивались на 5,8%. Закрепилось азота в слое почвы 0-100 см 7,1-8,4% (таблица 5).

Таблица 5 - Баланс меченого ^{15}N удобрений при возделывании рапса ярового (среднее за 1985-1987 гг.), %

Вариант	Усвоено рапсом яровым	Осталось в почве в слое 0-100 см	Неучтенные потери
$N_{60}P_{90}K_{120}$	24,5	7,5	68,0
$N_{90}P_{90}K_{120}$	22,0	7,1	70,9
$N_{120}P_{90}K_{120}$	17,8	8,4	73,8

Коэффициент использования азота удобрений рапсом яровым снижался. Повышение дозы вносимого азота увеличивает его потери. Основную роль в формировании урожая рапса ярового принадлежит почвенному азоту, на долю азота удобрений приходится 12,0-15,8% от общего выноса с урожаем (таблица 6).

Таблица 6 - Использование азота удобрений рапсом яровым
(среднее за 1985-1987 гг.), %

Вариант	Общий вынос азота, кг/га	Азот удобрений в общем выносе		Азот почвы в общем выносе		Экстра-азот	
		кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
P ₉₀ K ₁₂₀ - фон	52,7	—	—	52,7	100,0	—	—
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	122,8	14,7	12,0	52,7	42,9	55,4	45,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	135,0	19,8	14,7	52,7	39,0	62,5	46,3
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	135,0	21,3	15,8	52,7	39,1	60,9	45,1

Коэффициент использования азота удобрений (с применением ¹⁵N) естественными травами поймы Оби на дерново-пойменных почвах крайне низок и не превышает 11,5%. Увеличение дозы азотных удобрений, как на фоне известки, так и без нее, снижает закрепление азота удобрений в почве. Миграция внесенного азота за пределы корнеобитаемого слоя (0-40 см) составляет 1,8-3,9% от всего обнаруженного в слое почвы 0-100 см. Иммуобилизовано в корнеобитаемом слое 4,3-7,8% от внесенного азота. Внесение известки 0,5 г.к. увеличивало количество закрепленного азота удобрений на 2,4-2,5%, почвенного азота на 5,7-7,0% и снижает содержание экстра-азота на 5,9-10,4%. С повышением дозы азотных удобрений увеличивалось количество азота удобрений в общем выносе естественным травостоем. Содержание почвенного азота в общем выносе трав составляет 35,6-66,9% и зависит от дозы внесенного азота и известки. Вместе с тем, в формировании урожая важное значение имеет и дополнительная минерализация почвенного азота - экстра-азота. В наших исследованиях содержание экстра-азота в зависимости от дозы азота было 30,2-58,8% в общем выносе.

Установлено, что самый высокий коэффициент использования азота овсом был у сульфата аммония - 28,0%. У мочевины использовано растениями 16,7% азота, аммиачной селитры - 25,2 и аммиака водного - 23,4%. Низкий коэффициент использования мочевины, по мнению А.Д. Коренькова (1976), может быть связан с тем, что при низких температурах почвы и малом содержании органического вещества в почве возможно наличие неразложившейся мочевины в течение длительного периода.

Баланс калия (⁸⁶Rb). При изучении баланса калия удобрений с использованием радиоизотопа ⁸⁶Rb (период полураспада 18,7 суток) установлено, что растениями рапса ярового при внесении калия 60 кг д.в. использовано 43,8%, осталось в почве к концу вегетации 28,0%, потери составили 23,2%. Доза калия (120 кг д.в.) повышает усвоение калия рапсом яровым на 7,4%, снижает закрепление в почве на 7,5% и увеличивает потери на 5,1%. Калий в норме 60-120 кг д.в. уменьшает количество закрепленного в почве калия с 28,0 до 20,5% от внесенного. Основная масса калия закрепились в слое почвы 0-40 см (64,3-69,3%). За пределы корнеобитаемого слоя (0-40 см) почвы было вымыто 30,7-35,7% калия.

Баланс кальция (^{45}Ca). Исследованиями по балансу кальция с применением радиоизотопа ^{45}Ca установлено, что растениями рапса ярового в первый год было использовано, в зависимости от нормы извести, 0,2-1,2% кальция. Закрепилось его в почве 27,3-37,8%. С увеличением дозы извести (с 0,5 до 1,0 г.к.) количество обнаруженного в почве кальция уменьшилось на 7,5% и в то же время увеличились потери на 7,8%. При известковании наблюдались большие потери кальция (64,0-71,8%), что, по мнению многих исследователей, происходит в результате вымывания. Основная масса его в зависимости от дозы извести (0,5-1,0 г.к.) закрепилась в год внесения в слое 0-40 см (57,5-63,9%).

6 Действие удобрений и извести на химический состав однолетних и многолетних трав, естественных травостоев

Химический состав. Среди факторов, определяющих важнейшие показатели качества корма, необходимо отметить фазы развития растений и применение удобрений. По мере прохождения фаз развития в сухом веществе рапса ярового уменьшилось содержание протеина, кальция, фосфора и калия. Внесение азотных удобрений резко увеличило содержание протеина.

Под действием известкования в растениях повышалось содержание протеина, кальция и уменьшалось клетчатки. Установлено, что применение азотных удобрений на естественных травостоях в дозе 30-150 кг д.в./га на фоне без извести, извести 0,25 г.к. и 0,5 г.к. значительно увеличивает содержание протеина в растениях и сильно коррелирует с его содержанием ($r=0,91-0,99$).

Внесение навоза (120-480 т/га) не оказывало существенного влияния на содержание протеина и сырого жира в сухой массе овса. Отмечено повышение содержания кальция, фосфора, калия (таблица 7). При внесении полного минерального удобрения на фоне навоза 120-480 т/га наблюдается закономерное увеличение клетчатки.

Растения хорошо реагируют своим химическим составом на применение полного минерального удобрения. Увеличение дозы удобрений повышает содержание сырой золы, фосфора, калия и кальция. Отмечено снижение накопления сырого жира и БЭВ.

Микроэлементы. Содержание марганца в рапсе яровом, в зависимости от доз удобрений и извести, было 31,2-171,6 мг/кг сухого вещества. Высокие дозы азотных удобрений на фоне РК повышали содержание марганца в почве и в растениях рапса.

Между внесением извести в почву под рапс и содержанием марганца в растениях установлена обратная корреляционная зависимость ($r=0,85$).

Содержание железа в растениях рапса превышало оптимум в 2,5-6 раз. Применение извести приводит к снижению содержания железа в растениях рапса. Между дозами внесения извести в почву и содержанием железа в растениях существует тесная связь ($r=0,95$).

Таблица 7 - Влияние различных доз навоза и минеральных удобрений на химический состав зеленой массы овса (среднее за 1992-1995 гг.),
% в сухом веществе

Вариант		Сырой про- теин	Сырая клет- чатка	Сырая зола	Сырой жир	БЭВ	Каль- ций	Фос- фор	Калий
доза навоза	минеральные удобрения								
Без навоза	без удобрений	7,56	33,43	3,53	2,11	47,43	0,40	0,17	0,98
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	10,81	33,10	5,40	2,48	40,10	0,73	0,22	1,59
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	10,31	35,51	6,07	1,97	40,35	0,66	0,29	2,05
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	12,56	33,75	5,92	2,00	40,82	0,65	0,26	2,00
120	без удобрений	7,94	29,01	4,07	2,39	50,22	0,43	0,21	1,19
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	10,38	31,32	5,29	2,51	42,81	0,65	0,27	1,60
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	10,50	33,00	6,54	1,93	40,62	0,55	0,31	1,93
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	12,19	34,55	6,91	2,21	36,67	0,63	0,37	2,09
240	без удобрений	7,88	30,97	4,50	1,89	47,43	0,42	0,22	1,45
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	10,50	31,23	5,64	2,28	42,32	0,51	0,28	1,70
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	10,63	35,39	6,22	2,24	38,12	0,56	0,28	1,93
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	12,56	34,46	6,87	2,50	36,01	0,54	0,40	2,19
480	без удобрений	7,94	30,10	5,92	2,17	44,99	0,50	0,35	1,89
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	10,38	30,95	6,46	2,23	41,48	0,74	0,39	2,12
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	10,25	31,98	7,07	2,33	41,65	0,67	0,40	2,59
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	13,88	34,54	7,85	2,32	33,90	0,57	0,45	3,03

Внесение возрастающих доз азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных повышает содержание цинка и стронция в растениях рапса, а под действием известкования отмечено снижение накопления стронция.

Дозы извести 0,5-2,0 г.к. снижают содержание алюминия в растениях ($r = 0,97$). При внесении удобрений и извести увеличивается содержание рубидия в растениях рапса. Между содержанием брома в рапсе и дозами извести установлена корреляционная зависимость ($R^2 = 0,97$).

Из анализа наших данных можно сделать заключение, что рапс яровой содержит микроэлементы в оптимальном уровне, за исключением цинка, меди, брома, а содержание марганца, железа, стронция и алюминия находится в прямой зависимости от кислотности почвы.

Под действием извести (0,5 г.к.) увеличивается в сене естественного луга содержание магния и снижается количество железа и марганца по сравнению с контролем.

Внесение торфа (120-720 т/га) приводило к снижению содержания магния на 12,5-67,8% и повышению в сухой массе овса содержания железа на 17,5-182,4% по сравнению с контролем. Дозы минеральных удобрений в свою очередь увеличивали накопление железа на 20,1-273,7%.

Нитратный азот. Учитывая основную роль азотных удобрений в повышении урожая кормовых культур в условиях Крайнего Севера, необходимо

помнить, что чрезмерное несбалансированное азотное питание приводит к избыточному накоплению нитратного азота. Наши исследования показали, что содержание $\text{NO}_3\text{-N}$ в рапсе яровом по мере прохождения фаз развития снижается. Отмечена тесная связь между дозами внесения азотных удобрений под рапс и содержанием $\text{NO}_3\text{-N}$ ($r = 0,99$). Накопление нитратов в пределах безвредного минимума (0,14-0,17%) отмечено при внесении полного минерального удобрения $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ и $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{150}$ во все фазы вегетации. Повышение дозы азота свыше N_{120} на разных фонах РК приводило к накоплению нитратов выше допустимого уровня, независимо от фазы развития. Внесение азотных удобрений повышает содержание нитратов в сене естественных травостоев луга низовьев Оби в 2-3 раза. Применение азотных удобрений свыше N_{90} приводило к накоплению нитратного азота выше ПДК (0,24-0,26%). Между дозами азота (30-150 кг д.в.) и содержанием $\text{NO}_3\text{-N}$ существует сильная корреляционная зависимость ($r = 0,94$).

Радионуклиды. Содержание радионуклидов стронция, и цезия в рапсе яровом под действием извести снижалось. Концентрация ^{90}Sr в растениях рапса была в 2 раза ниже по сравнению с контролем, а ^{137}Cs - в 1,1-2,4 раза по сравнению с контролем. Самая низкая концентрация ^{137}Cs была при применении извести 2,0 г.к. Между дозами извести и содержанием Cs в растениях рапса наблюдается сильная корреляционная зависимость ($r = 0,98$).

Под действием минеральных удобрений содержание радионуклидов в растениях овса снижалось. При внесении высокой дозы удобрений $\text{N}_{180}\text{P}_{210}\text{K}_{240}$ концентрация ^{90}Sr по сравнению с контролем снизилась в 1,9 раза, ^{137}Cs - в 1,4. Самое большое снижение активности радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в растениях отмечено на варианте навоз 480 т/га + $\text{N}_{180}\text{P}_{210}\text{K}_{240}$. Между внесением доз навоза и содержанием ^{90}Sr и ^{137}Cs в растениях овса существует обратная зависимость: чем выше дозы навоза, тем ниже уровень содержания радионуклидов ($r = 0,99$).

Установлена зависимость между дозами внесения азотных удобрений и содержанием ^{90}Sr и ^{137}Cs в сене естественных трав ($r = 0,92-0,99$). Под действием трехлетнего применения азотных удобрений происходило увеличение содержания как ^{90}Sr , так и ^{137}Cs . причем наиболее значительно это было на варианте с высокой дозой азота N_{150} , что, по-видимому, связано с подкислением почвы и повышением подвижности радионуклидов. Внесение же извести 0,5 г.к. существенно снижало содержание как ^{90}Sr , так и ^{137}Cs . Коэффициент накопления ^{90}Sr и ^{137}Cs при внесении высокой дозы азота увеличивался с 0,7 на контроле до 1,7 при дозе азота N_{150} .

Тяжелые металлы. Применение извести в дозе 0,5 г.к., как в чистом виде, так и совместно с азотными удобрениями на дерново-пойменных почвах под естественные сенокосы снижало в растениях содержание кадмия. Внесение азотных удобрений (30-150 кг д.в.) увеличивает поступление Cd в растения естественных трав. Азотные удобрения, внесенные в высокой дозе (150 кг д.в.), на фоне извести повышают накопление в растениях меди с 3,4 до 6,2 мг/кг сухого вещества. Такая же закономерность наблюдалась и с накоплением цинка, его содержание было 15,0-21,8 мг/кг сухой массы.

Применение торфа (120-720 т/га) увеличило содержание никеля, цинка и снизило хрома (таблица 8).

Таблица 8 - Влияние различных доз торфа и минеральных удобрений на содержание тяжелых металлов в овсе на зеленый корм (среднее за 1992-1994 гг.)

Вариант		Cd	Pb	Ni	Cr	Cu	Zn
доза торфа, т/га	минеральные удобрения						
		мг/кг в сухом веществе					
Без торфа	без удобрений	0,50	2,2	2,9	0,42	2,2	20,5
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,56	2,7	2,9	0,32	2,0	20,0
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	0,60	2,8	3,3	0,33	2,2	20,3
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	0,59	2,7	3,2	0,31	2,1	21,1
120	без удобрений	0,55	2,2	2,9	0,38	2,2	22,5
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,56	2,6	3,1	0,34	2,0	22,0
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	0,62	2,9	3,0	0,35	1,7	24,0
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	0,61	2,8	3,1	0,33	2,4	25,1
240	без удобрений	0,46	2,2	2,8	0,28	1,8	18,7
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,56	2,8	3,3	0,26	2,0	24,0
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	0,59	2,9	3,0	0,29	2,2	25,0
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	0,60	3,1	3,4	0,29	2,4	25,6
480	без удобрений	0,50	2,1	3,2	0,29	1,7	23,1
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,63	3,0	3,3	0,27	2,2	25,8
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	0,61	2,9	3,0	0,31	1,9	24,5
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	0,64	3,2	3,3	0,30	2,3	26,8
720	без удобрений	0,57	2,3	3,5	0,30	1,8	24,1
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,64	2,8	3,6	0,30	2,1	27,0
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	0,63	3,3	3,5	0,28	2,2	23,5
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	0,65	3,2	3,7	0,30	2,3	28,6

В отличие от торфа, систематическое внесение минеральных удобрений в повышенных дозах приводит к повышению накопления в овсе кадмия, свинца, цинка

7 Особенности формирования урожая в условиях Крайнего Севера под действием органических, минеральных удобрений и извести

Фотосинтетическая деятельность. Выявление закономерности функционирования фотосинтетического аппарата растений в экстремальных условиях Крайнего Севера способствует более глубокому познанию продукционного процесса. В наших исследованиях индекс листовой поверхности (ИЛП) посевов рапса ярового под действием удобрений и извести увеличился в 1,4-6,0 раза. Более высокий ИЛП при внесении удобрений связан с возрастанием размеров листовых пластинок и продолжительностью жизни листьев (таблица 9)

Между внесением чистого навоза и величиной ИЛП в фазу бутонизации, цветения и начала плодобразования установлена сильная корреляционная зависимость ($r=0,99-1,0$). Установлена зависимость действия доз навоза на фо-

синтетический потенциал (ФП) рапса ярового в фазу бутонизации, цветения и начала плодообразования ($\gamma = 0,99-1,0$). В эти же фазы роста и развития рапса ярового применение одного навоза влияло на скорость роста посевов, где теснота связи составляла $\gamma - 0,99-1,0$.

Таблица 9 - Влияние удобрений и извести на фотосинтегическую деятельность рапса ярового (среднее за 1985-1987 гг.)

Вариант	ИЛП	ЧПФ, г/м ² ·сут.	ФП, тыс.м ² /га· дней	Скорость роста по- севов, г/(м ² ·сут.)
Без удобрений	0,5	8,3	160,2	4,1
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1,8	3,9	604,3	7,0
Известь 1,0 г.к.	1,3	6,8	385,3	8,8
Навоз 60 т/га	0,7	7,9	229,1	5,5
Навоз 120 т/га	1,0	7,6	307,5	7,6
Навоз 60 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + известь 1,0 г.к	2,8	3,8	946,2	10,6
Навоз 120 т/га + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + известь 1,0 г.к	3,0	3,5	1064,9	10,5

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) характеризует среднюю эффективность фотосинтеза листьев в посеве. В наших исследованиях она не коррелировала с конечным урожаем. С увеличением индекса листовой поверхности ЧПФ достигает максимума в фазу цветения и в дальнейшем снижается. Наши исследования согласуются с результатами Н.Н. Третьякова (1998), когда при низких величинах индекса листовой поверхности значения ЧПФ повышаются, что связано с лучшим освещением при малых величинах, в дальнейшем же наблюдается усиление взаимного затенения листьев в посеве и снижение ЧПФ.

Корневая масса. При изучении корневой массы установлено, что основная масса корней рапса и многолетних трав (71,9-89,2%) сосредоточена в слое почвы 0-20 см и под действием удобрений существенно увеличивается. Сопоставляя массу подземной части с массой надземных органов многолетних трав, было установлено, что под действием удобрений увеличивается коэффициент продуктивности работы корневой системы. Внесение N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ приводило к увеличению коэффициента продуктивности по сравнению с контролем в 2,1 раза.

Продуктивность кормовых культур. Наиболее высокая продуктивность рапса в условиях Крайнего Севера была в фазу начало плодообразования, самая низкая - в фазу бутонизации. Внесение удобрений резко повысило продуктивность рапса. Самый высокий урожай рапса получен при внесении навоза 60 т/га + N₁₂₀P₉₀K₉₀ + известь 1.0 г.к. По-иному реагирует рапс яровой на внесение одного навоза в дозах 60 и 120 т/га. Продуктивность его в этом случае была ниже, чем на вариантах с внесением N₁₂₀P₉₀K₉₀ и извести 1,0 г.к. Это связано со сла-

бой минерализацией навоза на холодных почвах лесотундры и, следовательно, слабой обеспеченностью рапса элементами питания.

Внесение извести (0,5-2,0 г.к.) увеличивает сбор сухой массы, кормовых единиц, сырого протеина рапса ярового (таблица 10).

Таблица 10 - Продуктивность рапса ярового в зависимости от доз извести (среднее за 1985-1987 гг.)

Вариант	Сбор с 1 га, т			
	зеленой массы	сухой массы	кормовых единиц	сырого протеина
Без удобрений	8,1	1,6	1,6	0,22
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ – фон	21,1	3,4	3,5	0,61
Фон + известь 0,5 г.к.	25,2	4,0	4,0	0,70
Фон + известь 1,0 г.к.	28,3	4,3	4,2	0,76
Фон + известь 1,5 г.к.	30,4	4,5	4,4	0,85
Фон + известь 2,0 г.к.	31,7	4,4	4,3	0,86
НСР ₀₅	0,9	0,2		

Самая высокая урожайность рапса (сухой массы - 4,5 т/га) получена при внесении извести по 1,5 г.к. Повышение продуктивности рапса при внесении извести, по-видимому, связано с улучшением усвоения растениями азота и других питательных веществ.

Различное сочетание минеральных удобрений на фоне извести из расчета 1,0 г.к. по-разному влияет на продуктивность рапса ярового. Наиболее высокие прибавки урожайности получены от азотного удобрения: 18,1 т/га зеленой массы, 2,3 т/га сухой массы, 2,4 кормовых единиц и протеина 0,44 т/га. От фосфорных удобрений они составили соответственно 5,5; 0,8; 0,9 и 0,16 т/га, от калийных - 3,5; 0,5; 0,5 и 0,07 т/га. Следовательно, в повышении продуктивности рапса ярового основная роль принадлежит азоту, поэтому внесение оптимальных доз азотных удобрений - необходимое условие для получения высоких урожаев.

Изучение влияния различных доз азота на продуктивность рапса ярового на двух фонах фосфорно-калийных удобрений показало, что максимальная урожайность рапса получена на варианте N₁₂₀P₁₂₀K₁₅₀ (таблица 11).

Наиболее высокая прибавка сухой массы была при посеве рапса в смеси с овсом и райграсом однолетним и горохом, где она составила соответственно 144,4-150,0% и 150,0-155,5%.

Внесение минеральных удобрений резко повышало урожайность, как рапса в чистом виде, так и в смесях. Наиболее высокая прибавка сухой массы была при посеве рапса в смеси с райграсом однолетним и горохом, где прибавка составила соответственно 144,4-150,0% и 150,0-155,5%.

Существенное влияние на урожайность овса на корм на вновь освоенных землях лесотундры оказал навоз (120-480 т/га), урожайность зеленой массы возрастала на 32,8-83,6%, сухой - на 33,3-80,9%. Увеличился вместе с этим и

сбор с 1 га сырого протеина - на 35,7-89,3%, кормовых единиц - на 49,1-77,1%, обменной энергии - на 41,7-80,6% по сравнению с контролем.

Таблица 11 - Продуктивность рапса ярового в зависимости от доз азотных удобрений (среднее за 1985-1987гг.)

Вариант	Сбор с 1 га, т		
	сухой массы	кормовых единиц	сырого протеина
Без удобрений	2,0	1,9	0,22
P ₉₀ K ₁₂₀ - фон I	2,1	2,1	0,25
Фон I + N ₆₀	4,3	4,6	0,66
Фон I + N ₉₀	4,4	4,6	0,72
Фон I + N ₁₂₀	4,4	4,6	0,75
Фон I + N ₁₈₀	4,6	4,6	0,84
P ₁₂₀ K ₁₅₀ - фон II	2,6	2,6	0,30
Фон II + N ₁₂₀	5,1	5,2	0,91
Фон II + N ₁₈₀	5,1	5,0	0,99
Фон II + N ₂₄₀	4,8	4,8	0,97
НСР ₀₅	0,3		

Между дозами внесения навоза и урожайностью овса - зеленой массы, сухой массы, сырого протеина, кормовых единиц и обменной энергии существует сильная коррелятивная связь ($r = 0,88-0,96$). Применение полного минерального удобрения резко повысило урожайность зеленой массы овса на 186%, сухой - на 143%. Однако, увеличение дозы минеральных удобрений свыше N₁₂₀P₁₅₀K₁₈₀ на фоне навоза 240-480 т/га не давало существенной прибавки урожая. На варианте навоз 480 т/га + N₁₂₀P₁₅₀K₁₈₀ получен самый высокий сбор сухой массы - 7,4 т/га, кормовых единиц - 4,07 т/га и обменной энергии - 61,2 ГДж/га.

Изучение последствий навоза (6-9 год) при посеве многолетних трав на сено показало, что навоз в дозе 120 т/га не давал существенной прибавки сухой массы по сравнению с контролем и только при внесении навоза 240 т/га получена существенная прибавка сухой массы - 0,6 т/га или 31,6% (таблица 12). Между дозами применения навоза в дозах 240-480 т/га и урожайностью сухой массы многолетних трав, полученной обменной энергии отмечена сильная корреляционная зависимость $r = 0,96-0,98$. Каждая тонна навоза, внесенная под многолетние травы, дополнительно дает 0,0031 т сухой массы многолетних трав. Полученный «норматив» окупаемости 1 т навоза урожаем многолетних трав позволяет прогнозировать действие навоза на его величину в зависимости от доз внесения.

Содержание сырого протеина, кормовых единиц, обменной энергии, зеленой и сухой массы овса существенно зависело от дозы внесенного торфа. Между дозами внесения торфа (120-720 т/га) и этими показателями существует сильная коррелятивная связь $r = 0,91-0,99$. Установлено, что 1 т торфа форми-

рует 0,0029 т/га зеленой массы, 0,0009 т/га сухого вещества, 0,0001 т/га сырого протеина и 0,0004 т/га кормовых единиц. Эти величины или «нормативные» характеристики могут служить для прогноза действия торфа на урожайность и качество овса.

Таблица 12 - Влияние различных доз навоза и минеральных удобрений на продуктивность сухой массы многолетних трав (среднее за 1997-2000 гг.)

доза навоза, т/га	Вариант	Сбор с 1 га, т			Обменная энергия, ГДж/га
	минеральные удобрения	сухой массы	сырого протеина	кормовых единиц	
Без навоза	без удобрений	1,9	0,16	1,27	17,4
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	4,9	0,59	2,99	42,8
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	5,3	0,66	3,07	45,3
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	5,1	0,73	3,16	45,0
120	без удобрений	2,0	0,16	1,28	17,9
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	5,6	0,71	3,19	47,1
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	6,0	0,77	3,30	49,7
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	6,0	0,88	3,42	50,6
240	без удобрений	2,5	0,22	1,32	20,4
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	5,6	0,72	3,19	47,3
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	6,1	0,72	3,42	50,9
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	6,2	0,93	3,41	51,2
480	без удобрений	3,3	0,30	1,95	28,3
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	6,8	0,90	4,15	59,4
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	7,1	0,93	4,05	59,9
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	7,3	1,10	4,23	62,2
НСР ₀₅	навоза	0,6			
	удобрений	1,5			
	взаимодействия	2,1			

При внесении минеральных удобрений резко повышается продуктивность овса на зеленый корм. Самая высокая урожайность зеленой и сухой массы получена на варианте N₁₈₀P₂₁₀K₂₄₀, а также на фоне торфа соответственно 17,5-23,3 т/га и 4,8-6,4 т/га. Увеличился сбор сырого протеина до 0,76-0,95 т/га, кормовых единиц - 2,74-3,58 т/га, обменной энергии - 40,4-54,5 ГДж/га.

Изучение последствия торфа (6-9год) на урожайность многолетних трав показало, что дозы торфа 120-240 т/га не давали существенной прибавки сухой массы и только при внесении высоких доз 480-720 т/га по пучена существенная прибавка урожая сухой массы 0,5-0,9 т/га (таблица 13). Наиболее существенную прибавку урожая сухой массы дало внесение полного минерального удобрения. Максимальная продуктивность многолетних трав в наших исследованиях получена на варианте торфа 720 т/га + N₁₈₀P₂₁₀K₂₄₀.

Таблица 13 - Влияние различных доз торфа и минеральных удобрений на продуктивность многолетних трав на сено (среднее за 1997-2000 гг.)

Вариант		Сбор с 1 га, т			Обменная энергия, ГДж/га
доза торфа	минеральные удобрения	сухой массы	сырого протеина	кормовых единиц	
Без торфа	без удобрений	1,6	0,11	0,93	13,6
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	3,8	0,41	2,28	33,0
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	4,2	0,43	2,35	35,2
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	4,7	0,05	2,63	39,3
120	без удобрений	1,9	0,19	1,10	16,2
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	4,7	0,50	2,91	41,4
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	5,0	0,53	2,90	42,5
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	5,6	0,76	3,36	48,5
240	без удобрений	1,9	0,13	1,12	16,3
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	5,1	0,52	3,31	46,1
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	5,2	0,52	3,12	44,9
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	5,6	0,69	3,42	48,8
480	без удобрений	2,1	0,14	1,24	18,0
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	5,3	0,53	3,28	46,7
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	5,5	0,55	3,30	47,5
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	6,0	0,70	3,42	50,8
720	без удобрений	2,5	0,17	1,42	21,1
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	5,3	0,51	3,23	46,3
	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₈₀	5,7	0,56	3,42	49,2
	N ₁₈₀ P ₂₁₀ K ₂₄₀	6,1	0,71	3,66	53,0
НСР ₀₅	торфа	0,4			
	удобрений	0,4			
	взаимодействия	0,9			

Все формы азотных удобрений оказывают положительное влияние на урожайность овса на зеленый корм. Прибавка урожая сухой массы овса от их внесения в среднем за 3 года составила 0,9-1,3 т/га по сравнению с контролем. Самая высокая прибавка сухой массы получена от внесения аммиака водного 108,3 % к контролю.

Для повышения продуктивности луговых трав важное значение имеют азотные удобрения. Внесение одного азотного удобрения (N₆₀) повысило урожайность естественных пойменных трав на 1,5 т/га, при этом окупаемость 1 кг азота сухой массой составила 25,2 кг. Фосфорные и калийные удобрения не давали существенной прибавки урожая. Самая высокая прибавка сухой массы (2,2 т/га) на естественных лугах получена при внесении полного минерального удобрения N₆₀P₆₀K₆₀. Внесение извести из расчета 0,25 г.к. на естественный травостой поймы Оби не оказало существенного влияния на урожайность сухой массы. При увеличении нормы извести до 0,5 г.к. прибавка сухой массы составила 0,7 т/га, возрос сбор сырого протеина на 0,09 т/га, выход обменной энер-

гии - на 3,4 ГДж/га и кормовых единиц - на 0,49 т/га по сравнению с контролем. Самая высокая продуктивность луговых травостоев достигнута при известковании из расчета 0,5 г.к. и внесении на этом фоне азота (N_{150}), что дало самую высокую прибавку сухой массы - 0,8 т/га по сравнению с контролем.

8 Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения удобрений и извести при возделывании кормовых культур на Крайнем Севере

При внесении под рапс яровой минеральных удобрений $N_{120}P_{90}K_{90}$ получен чистый доход от их применения в год внесения, рентабельность была 46,7%, окупаемость 1 руб. затрат, связанных с применением удобрений, составила 1,47 руб. Раздельное внесение извести, навоза 60 и 120 т/га и совместное внесение навоза 60-120 т/га+ $N_{120}P_{90}K_{90}$ +известь 1,0 г.к. в год внесения не окупались дополнительной продукцией.

Окупаемость затрат при внесении извести (0,5-2,0 г.к.) была 0,84-0,31 руб. и зависела от дозы извести. Внесение извести из расчета 0,5 и 1,0 г.к. окупятся на второй год внесения, 1,5 г.к. - на третий год, а 2,0 г.к. - лишь на четвертый год. Учитывая то, что на третий год после известкования в наших исследованиях рН почвы снижается, экономически нецелесообразно вносить известь более 1,0 г.к. на 1 га.

Анализ экономических показателей применения различных доз азотных удобрений свидетельствует, что с увеличением дозы азотных удобрений снижается чистый доход, рентабельность, окупаемость рубля затрат. Затраты, связанные с внесением азотных удобрений, возрастают. Себестоимость зеленой массы, сырого протеина рапса ярового снижается с увеличением дозы азотных удобрений. Экономически выгодной нормой внесения известковых удобрений при выращивании рапса ярового на лесотундровых почвах Обского Севера является известкование по 1,0 г.к. и на этом фоне внесение минеральных удобрений $N_{90}P_{20}K_{50}$.

Экономический анализ применения навоза и минеральных удобрений под овес на зеленый корм показал, что наибольший экономический эффект обеспечили минеральные удобрения в чистом виде во всех вариантах, где прибыль была 2052-2232 руб./га при уровне рентабельности 110-187%. Прирост обменной энергии сопровождался увеличением дополнительных затрат на применение удобрений, снижался энергетический коэффициент, возрастали затраты энергии на 1 кг сухой массы с 2,9 до 4,0 МДж. Затраты на использование навоза не окупались стоимостью и энергией дополнительного урожая овса на зеленый корм. Увеличивался убыток от применения навоза в чистом виде и затраты энергии на 1 кг сухой массы, снижался энергетический коэффициент.

Самые низкие затраты энергии на 1 кг сухой массы были при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{120}P_{90-150}K_{120-180}$. повышение их дозы приводило к резкому повышению затрат. Внесение удобрений на фоне навоза снижало затраты энергии на 1 кг сухой массы в 1,6-1,8 раза по сравнению с внесением навоза в чистом виде. Минеральные удобрения при внесении под многолетние травы дают наибольший экономический эффект. На вариантах с внесением минеральных удобрений в чистом виде получено прибыли 1264-1483 руб /га, при

уровне рентабельности 62-114%. Среднегодовое приращение обменной энергии с дополнительным урожаем сена многолетних трав за счет удобрений составляло 19,4-25,7 ГДж, при энергетическом коэффициенте 1,6-2,2.

Экономические и биоэнергетические показатели использования торфа под многолетние травы были значительно хуже, что обусловлено дополнительными затратами энергии, которые не окупались дополнительным урожаем. Убыток от применения торфа в зависимости от дозы торфа (120-720 т/га) был 697-13107 руб./га или 0,67-0,93 руб. на 1 руб. затрат, а энергетический коэффициент - 0,07-0,3. Применение минеральных удобрений на фоне торфа также не окупалось дополнительной продукцией, значительно увеличивался убыток от применения минеральных удобрений и торфа в зависимости от дозы с 2142 руб./га до 26522 руб./га, снижался энергетический коэффициент с 0,6 до 0,1. Самые низкие затраты энергии были при внесении минеральных удобрений в чистом виде - 4,1-5,1 МДж на 1 кг сухой массы. Внесение минеральных удобрений на фоне различных норм торфа снижало затраты энергии по сравнению с дозами торфа в чистом виде в 2,1-2,3 раза.

Систематическое применение азотных удобрений на естественных травах как на фоне извести, так и без нее было рентабельно. Самый высокий чистый доход и рентабельность получены при внесении азотных удобрений без извести. Но с увеличением нормы азотных удобрений с N_{30} до N_{150} снизилась рентабельность внесения азота с 251% до 82%. При этом снижается окупаемость дополнительным урожаем затрат на применение азотных удобрений и энергетический коэффициент с 3,5 до 1,8. Вместе с тем, повышаются затраты энергии на 1 кг сухой массы с 2,5 МДж при внесении N_{30} , до 4,2 МДж - N_{150} . Внесение извести с 0,25 г.к. до 0,5 г.к. увеличивает дополнительные затраты энергии на получение урожая с 2,18 ГДж/га до 6,0 ГДж/га.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Органические и минеральные удобрения, известь существенно повышают плодородие почв Крайнего Севера Западной Сибири. Внесение навоза (120-480 т/га) и торфа (120-720 т/га) увеличивают содержание в почве гумуса в 1,5-2,9 раза, общего азота - в 7,1 раза, валовых форм фосфора - в 2,8 раза и калия - в 2,6 раза.

В составе гумуса преобладают фульвокислоты (45,8-53,5%). В гуминовых кислотах основную долю составляют фракции ГК-1 (7,6-12,9%) и ГК-3 (18,8-23,1%), в фульвокислотах - ФК-1a (8,3-19,3%) и ФК-1 (8,7-19,3%).

2. Установлена тесная корреляционная связь между дозами внесенной извести и агрохимическими показателями поверхностно-подзолистой почвы (рН, Нг, S, V) - $r=0,93-0,99$. Со снижением кислотности почв значительно повышается доступность растениям фосфатов. На долю подвижных форм фосфора в почве ($CaP+Ca-P_{II}$) приходится 23,4-42,8, высокоосновных фосфатов ($Ca\cdot P_{III}$) - 12,0-14,6%, оксидов Al и Fe - 42,6-66,2%. Навоз увеличивает содержание фракций CaP и Ca-P_{II}, в 1,3-2,7 раза и снижает AlP и Fe-P в 1,6-2,3 раза ($r=0,89-0,98$).

3. Известкование снижает в поверхностно-подзолистой элювиально-глеевой почве содержание железа и марганца ($r=0,95-0,96$), одновременно повышает уровень магния (с 11,4 до 17,4 мг/кг). В дерново-пойменной почве известкωση сокращает количество свинца, цинка, никеля, железа и марганца на 12,5-105,9%.

На вновь освоенных почвах торф повышает концентрацию марганца, бора и кобальта на 44,4-579,3%. Минеральные удобрения ($N_{120-180}P_{90-210}K_{120-240}$) как в чистом виде, так и на фоне торфа, увеличивают содержание марганца на 200,0%, кобальта - на 84,6%, кадмия - на 30,75%, свинца - на 42,3-43,7%, цинка - на 16,1-43,7%, никеля - на 15,4-24,5%. Навоз снижает накопление марганца в почве на 100,0%, увеличивает содержание кобальта на 25,0%, цинка - на 18,5-22,4%.

4. Самое высокое среднесуточное потребление рапсом азота, фосфора и калия происходит на ранних стадиях его развития (бутонизация) и в последующих фазах снижается. Потребность в элементах питания для биосинтеза 1 т сухого вещества составляет: азота - 18,1-32,3 кг, фосфора - 3,5-5,5 кг, калия - 25,3-34,5 кг. Азотные удобрения увеличивают вынос азота и калия, известкование слабо влияет на потребление этих элементов. Коэффициенты использования удобрений (разностный метод) многолетних травами составляют: из навоза - N 2,5-3,4%, P_2O_5 - 1,1-1,6%, K_2O - 2,6-6,0%; из минеральных удобрений - N - 49,9-83,2%, P_2O_5 - 4,6-10,2%, K_2O - 21,7-46,4%; естественными травами из минеральных удобрений - N - 41,4-98%, P_2O_5 - 1,1-17,3%, K_2O - 21,5-93,7%; рапсом яровым - N - 49,9-116,6%, P_2O_5 - 1,9-19,0%, K_2O - 6,7-83,0%.

5. Установленный КИУ азота рапсом (с применением ^{15}N) составляет 17,8-24,5%, неучтенные потери равны 68,0-73,8%, закрепляется в поверхностно-подзолистой почве 7,1-8,4%. На долю азота почвы в общем выносе приходится 39,0-42,9%, азота удобрений - 12,0-15,8%, экстра-азота - 45,1-46,3%. Луговыми травами используется 5,1-11,5%, закрепляется в дерново-пойменной почве 6,2-10,7%. Содержание почвенного азота в общем выносе составляет 35,6-66,9%. Под действием известкования (0,5 г.к.) увеличивается КИУ азота на 2,9-3,8%. Коэффициент использования азота удобрений овсом на зеленый корм из сульфата аммония - 28,0, мочевины - 16,7, аммиачной селитры - 25,2 и аммиака водного - 23,4%.

6. Потребление калия (^{86}Rb) рапсом яровым составляет 43,8-51,2% (в зависимости от дозы K_2O), закрепляется в почве 20,5-28,0%, потери - 23,2-28,3%. Основная часть калия (64,3-69,3%) закрепляется в 0-40 см слое.

Использование рапсом яровым кальция (^{45}Ca) в зависимости от дозы извести в первый год внесения составляет 0,9-1,2%, на второй год - 0,5-0,6%. В почве закрепляется в первый год 27,3-34,8%, во второй - 79,9-95,3%. С повышением дозы извести потери кальция составляют в первый год 64,0-71,8%, во второй - 4,1-19,6%. Основная масса кальция закрепляется в слое 0-40 см (57,5-63,9%).

7. Определяющую роль в повышении урожайности сеяных кормовых культур и естественных травостоев в условиях лесотундры Крайнего Севера играют азотные удобрения. Оптимальной дозой азота под рапс яровой и его

смесей с горохом и райграсом (на фоне $P_{90}K_{120}$) следует считать N_{120} с известкованием из расчета 1,0 г.к. При этом урожайность сухой массы достигает 5,1 т/га (прибавка 144-150%), выход кормовых единиц - 5,2 т/га, сырого протеина - 0,9 т/га или в 2,5 раза выше по сравнению с контролем.

8. Органические удобрения (торф, навоз) как в чистом виде, так и в сочетании с минеральными удобрениями в зависимости от дозы обеспечивают получение высокой продуктивности овса на зеленый корм и многолетних трав на сено: сухой массы - 2,8-7,4 т/га, кормовых единиц - 1,28-4,15 т/га, сырого протеина - 0,38-1,1 т/га, обменной энергии - 17,9-59,9 ГДж/га. Минеральные удобрения ($N_{120-180}P_{90-210}K_{120-240}$) увеличивают продуктивность кормовых культур с 4,0 т/га сухой массы до 7,4 т/га, т.е. в 2,2-4,1 раза.

9. Самая высокая оплата азота урожаем к периоду уборки при внесении $N_{60}P_{90}K_{120}$ (37,7 кг). Окупаемость 1 т извести прибавкой урожая сухой массы остается низкой и составляет 117,3 кг на 1 т при ее внесении 0,5 г.к., с увеличением до 2,0 г.к. она снижается в 2,2 раза.

10. Максимально высокое содержание питательных веществ в растениях наблюдается при оптимальном применении удобрений в ранние фазы развития. Установлена тесная корреляционная связь между дозами азота и содержанием протеина в растениях ($r=0,91-0,99$). С возрастом растений снижается содержание в них MO_3-N , с увеличением доз азотных удобрений ($N_{30}-N_{240}$) возрастает накопление NO_3-N ($r=0,91-0,99$). Внесение азота под рапс и его смеси в дозе выше N_{120} и под естественные травы N_{90} приводит к накоплению нитратов выше ПДК.

11. Известкование снижает в рапсе и естественных травах содержание кадмия, железа, марганца, радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs . Систематическое применение минеральных удобрений $N_{120-180}P_{90-210}K_{120-240}$ увеличивает содержание в растениях кадмия, свинца, цинка и снижает хрома.

12. Экономически наиболее эффективной дозой минеральных удобрений под рапс яровой является $N_{120}P_{120}K_{150}$ на фоне извести из расчета 1,0 г.к. Внесение минеральных удобрений ($N_{120}P_{90-150}K_{120-180}$) под овес на зеленый корм и многолетние травы дает самый высокий чистый доход с 1 га, рентабельность производства корма 175-187%. Органические удобрения в чистом виде и совместно с минеральными не окупают затрат на их применение дополнительным урожаем. Биоэнергетический коэффициент составляет 0,07-0,3.

Применение извести под рапс яровой и естественные травы не окупается затратами энергии на получение урожая в год внесения. Экономически более выгодно применение азотных удобрений (N_{30-90}) под естественные травы без внесения извести.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

I. На поверхностно-подзолистых элювиально-глеяватых супесчаных почвах лесотундровой зоны Западной Сибири под рапс яровой рекомендуется вносить азотные удобрения в дозах N_6 в сочетании с PdK_{90} и N_{120} на фоне $P_{120}K_{150}$ предварительным известкованием из расчета по 1,0 г.к.

2. Для получения урожайности естественных травостоев поймы Оби 3,0-3,5 т/га сухой массы оптимальной дозой является $N_{90}P_{45}K_{60}$.

3. Из азотных удобрений под однолетние кормовые культуры наиболее выгодно вносить аммиак водный и мочевину.

4. Под многолетние травы для получения урожая сухой массы 5-6 т/га предлагается вносить минеральные удобрения из расчета $N_{120}P_{90}K_{120}$.

5. При рекультивации нарушенных земель рекомендуется внесение торфа в дозе 480-720 т/га и полного минерального удобрения $N_{120}P_{90}K_{120}$.

6. Для выращивания на корм рекомендуются смеси рапса с горохом и райграсом однолетним при внесении удобрений из расчета $N_{120}P_{90}K_{120}$.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. В условиях лесотундровой зоны Западной Сибири не вносить азотных удобрений более N_{120} под однолетние кормовые культуры и N_{90} под естественные травостой в связи с накоплением избыточных доз нитратов в корме и вымыванием их из почвы.

2. Под однолетние и многолетние кормовые культуры доза минеральных удобрений не должна превышать $N_{120}P_{150}K_{180}$, ее увеличение приводит к накоплению в корме тяжелых металлов выше ПДК и загрязнению почвы.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Пуртов Г.М., Черных Н.И., Громик В.Д., Тихановский А.Н. Освоение и окультуривание лесотундровых почв в Ямало-Ненецком автономном округе: Рекомендации/ СО ВАСХНИЛ. НИИСХ Сев. Зауралья. Ямальская СХОС. - Тюмень, 1983. - Юс.

2. Тихановский А.Н. Кормовые культуры на Обском Севере// Актуальные вопросы теории и практики кормопроизводства: Науч.-техн. бюл./ СО ВАСХНИЛ. Вып.35. - Новосибирск, 1984. — С.25-27.

3. Черных Н.И., Тихановский А.Н. Интенсификация кормопроизводства в Ямало-Ненецком автономном округе// Сельское и промышленное хозяйство Крайнего Севера: Тез. докл. V Всесоюз. совещ. - Новосибирск, 1984. - С. 105-106.

4. Тихановский А.Н. Влияние удобрений и извести на урожайность зеленой массы рапса ярового в условиях Севера Западной Сибири// Молодые исследователи и практики - развитию сельского хозяйства Тюменской области: Тез. докл. науч.-практ. конф. - Тюмень, 1987. - С.25.

5. Тихановский А.Н. Проблема кормового белка и пути ее решения в условиях Заполярья // Современные проблемы научного обеспечения АПК и подготовки кадров: Тез. докл. науч.-практ. конф. - Тюмень, 1989. - С. 116.

6. Тихановский А.Н. Интенсификация кормопроизводства в Ямало-Ненецком автономном округе// Развитие Тюменского агропромышленного

комплекса в XIII пятилетке и на период до 2005 года: Тез. докл. науч.-практ. конф. - Тюмень, 1990.-С.47-48.

7. Тихановский А.Н. Новые кормовые культуры Крайнего Севера Западной Сибири// Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование: Тез. докл. VIII Всесоюзного совещ. по новым кормовым растениям. - Сыктывкар, 1990.-С. 181-182.

8. Тихановский А.Н. Технология возделывания рапса ярового на корм в условиях Крайнего Севера: Рекомендации/ СО ВАСХНИЛ. - Новосибирск, 1983.- 10 с.

9. Тихановский А.Н. Лесотундровые почвы при известковании// Химизация сельского хозяйства. - 1990. - № 12. - С.60-62.

10. Тихановский А.Н. Рапс урожайный на Обском Севере// Уральские нивы. - 1991.-№1.-С21.

11. Тихановский А.Н. Влияние удобрений и извести на качество и продуктивность рапса ярового на Обском Севере//Достижения науки и техники в АПК.-1991.-№3.-С. 18.

12. Исекеев И.И., Тихановский А.Н., Бажанова Е.Д. Однолетние и многолетние кормовые культуры для Ямало-Ненецкого автономного округа: Метод, рекомендации/ СО РАСХН. НИИСХ Сев. Зауралья. - Новосибирск, 1991. - 12 с.

13. Тихановский А.Н. Эффективность азотных удобрений// Уральские нивы.-1991.-№4.-С.21-22.

14. Тихановский А.Н. Возделывание рапса ярового в лесотундре Ямало-Ненецкого автономного округа// Интенсификация кормопроизводства в Северном Зауралье: Сб. науч. тр./ СО РАСХН. НИИСХ Сев. Зауралья. - Новосибирск, 1991.-С. 55-60.

15. Тихановский А.Н. Исекеев И.И. Влияние минеральных удобрений на продуктивность заливных лугов в низовьях Оби// Интенсификация кормопроизводства в Северном Зауралье: Сб. науч. тр./ СО РАСХН. НИИСХ Сев. Зауралья. - Новосибирск, 1991. - С. 60-64.

16. Тихановский А.Н., Громик В.Д., Черных Н.И. Биорекультивация нарушенных земель на Ямальском Севере// Экологическая безопасность регионов и рыночные отношения: Сб. мат. Межд. конф. - М, 1994. - С. 298-299.

17. Исекеев И.И., Тихановский А.Н. Технология рекультивации техногенно нарушенных земель в условиях Ямало-Ненецкого автономного округа/ СО РАСХН. НИИСХ Сев. Зауралья. Ямальская СХОС. - Новосибирск, 1996. - 24 с.

18. Исекеев И.И., Тихановский А.Н. Технология озеленения городов и поселков Ямало-Ненецкого автономного округа/ СО РАСХН. НИИСХ Сев. Зауралья. Ямальская СХОС. - Новосибирск, 1996. - 24 с.

19. Тихановский А.Н. Основные научно-исследовательские работы Ямальской опытной станции по растениеводству// Научно-исследовательскому институту сельского хозяйства Северного Зауралья 30 лет/ СО РАСХН. НИИСХ Сев. Зауралья. -Новосибирск, 1995.-С. 199-205.

20. Тихановский А.Н. Использование торфа при биологической рекультивации на Ямале// Освоение Севера и проблемы природовосстановления: Тез. докл. IV Межд. конф. - Сыктывкар, 1998. - С. 98-99.
21. Исекеев И.И., Тихановский А.Н. Возделывание кормовых культур на Ямале/ СО РАСХН. Ямальская СХОС. - Новосибирск, 1997. - 232с.
22. Башарин Ю.И, Важное Г.И., Девяткин В.Д., Ермолаев О.Т., Жилин Ю.Г., Тихановский А.Н. и др. Система мелиорации земель Тюменской области: Рекомендации/СО РАСХН. ЗапСибНИИМиП. - Новосибирск, 1997.-168 с.
23. Тихановский А.Н. История создания и основные итоги работы станции//Современные исследования оленеводства и растениеводства на Ямале: Сб. науч. тр./ Ямальская СХОС. - Салехард, 2001. - С. 3-7.
24. Тихановский А.Н., Названова Т.К. Биологическая рекультивация нарушенных земель в Ямало-Ненецком автономном округе// Современные исследования оленеводства и растениеводства на Ямале: Сб. науч. тр./ Ямальская СХОС. - Салехард, 2001. - С. 26-28.
25. Тихановский А.Н. Биологические особенности и технология возделывания однолетних кормовых культур на Ямале//Современные исследования оленеводства и растениеводства на Ямале: Сб. науч. тр./ Ямальская СХОС. - Салехард, 2001. - С. 29-37.
26. Тихановский А.Н. Формирование дернины при рекультивации нарушенных земель на Ямале// Освоение Севера и проблемы природовосстановления: Тез. докл. V Междунар. конф. - Сыктывкар, 2001. - С. 251-252.
27. Тихановский А.Н. Формирование дернины при рекультивации нарушенных земель на Ямале// Освоение Севера и проблемы природовосстановления: Докл. V Междунар. конф. - Сыктывкар, 2002. - С. 129-133.
28. Тихановский А.Н. Тундровые почвы и пути повышения их плодородия// Плодородие почв и ресурсосбережение в земледелии: Сб. мат. Всерос. на. уч.-практ. конф./ ТГСХА.- Тюмень, 2003. -С.117-123.
29. Тихановский А.Н. Продуктивность лугов в низовьях Оби// Кормопроизводство. - 2003. - № 9. - С. 10-12.
30. Тихановский А.Н. Влияние органических и минеральных удобрений на численность и биомассу микроорганизмов на Крайнем Севере// Агрехимия. - 2004.- №6. - С. 24-29.
31. Тихановский А.Н. Биологическая рекультивация земель на Крайнем Севере// Аграрная наука - 2004. - № 8. - С. 12-13.

Подписано в печать 05 11 2004 г Тираж 120 экз
Печать трафаретная Заказ 1890
Отпечатано в печатном цехе «Ризограф»
Тюменского Аграрного Академическою Союза
625003 г Тюмень, ул Республики, 7

722007

РНБ Русский фонд

2005-4

21445