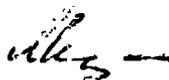


На правах рукописи

Меркушева Мария Григорьевна



**БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЧВ СЕНОКОСОВ И ПАСТБИЩ
СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ**

06.01.04 - Агрохимия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Улан-Удэ
2004

Работа выполнена в Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН

Научный консультант - Д-р биол. наук, проф. Убугунов Леонид Лазаревич

Официальные оппоненты - Д-р биол. наук Кашин Владимир Капсимович
- Д-р биол. наук, проф. Саввинов Дмитрий Дмитриевич
- Д-р биол. наук, проф. Серышев Владимир Александрович

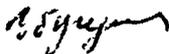
Ведущая организация - Биолого-почвенный институт ДВО РАН

Защита диссертации состоится 8 октября 2004 г. в «10» час. на заседании диссертационного совета Д. 003.028.01 в Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН по адресу: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, E-mail: ioeb@bsc.burvatia.ru. Факс: (3012) 433034.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского научного центра СО РАН.

Автореферат разослан 1 сентября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



Убугунова В.И.

Введение

Актуальность. В концептуальных основах развития кормопроизводства на современном этапе наиболее перспективным направлением является реализация продуктивного средообразующего потенциала природных кормовых угодий (Кузцова, 1997; Михайличенко, 1997).

Общая площадь пастбищ в Западном Забайкалье (Республика Бурятия) составляет около 1,8 млн. га и сенокосов — 345066 га. В сухостепной зоне региона пастбища занимают свыше 690 тыс. га и сенокосы - около 153 тыс. га. Кормовые угодья расположены на разных типах почв, однако ландшафтообразующая роль принадлежит степным фитоценозам, произрастающим на каштановых почвах и используемых в качестве пастбищ. В зоне сухих степей особую значимость имеют пойменные ландшафты, в почвенном покрове которых получили широкое распространение аллювиальные почвы: болотные, луговые и дерновые. Пойменные луга образуют основной фонд сенокосов в регионе.

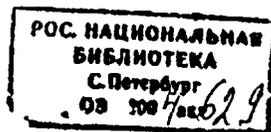
Интегральным показателем ландшафтно-экологических и почвенно-агрохимических условий функционирования сенокосов и пастбищ является биологическая продуктивность. Как правило, при оценке биопродуктивности пользуются параметрами обеспеченности природной среды материальными и энергетическими ресурсами (свет, тепло и водообеспеченность, уровень и доступность элементов минерального питания, видовой состав травостоев и др.), которые обуславливают ее возможность производить продукцию.

Поэтому особую актуальность имеют исследования, направленные на изучение современного состояния ресурсного потенциала почвенного и растительного покрова кормовых угодий, интенсивности продукционного процесса в системе почва - растение, их взаимосвязей через круговорот элементов, а также разработка системы мер (орошение, удобрение) по повышению биопродуктивности сенокосов и пастбищ, сохранению их фиторазнообразия и продуктивного долголетия. Необходимость данных исследований обусловлена отсутствием научной информации по многим перечисленным проблемам.

Цель исследований - выявление закономерностей и особенностей формирования биопродуктивности основных типов неорошаемых и орошаемых почв сенокосов и пастбищ в сухостепной зоне Забайкалья, качественно-количественная оценка продукционного процесса в системе почва - растение и агрохимические основы его повышения.

Поставленная цель достигалась решением следующих задач:

1. изучить основные свойства, химический состав, режимы и биопродуктивность неорошаемых и орошаемых почв сенокосов и пастбищ и дать агрохимическую оценку уровня их плодородия;
2. оценить влияние возрастающих доз минеральных удобрений на основные параметры плодородия почв;



3. выявить современное состояние количественных и качественных показателей биологической продуктивности естественных и сеяных сенокосов и пастбищ и их изменение при внесении минеральных удобрений;
4. определить емкость круговорота макро- и микроэлементов в системе почва - растение и тип его химизма в зависимости от почвенно-экологических условий произрастания фитоценозов и воздействия агромелиоративных факторов
5. дать оценку эффективности применения минеральных удобрений на сенокосах и пастбищах и определить их оптимальные дозы под конкретный фитоценоз.

Объекты исследований. Объектами изучения являлись неорошаемые и орошаемые почвы сенокосов и пастбищ сухостепной зоны Западного Забайкалья: каштановые и аллювиальные (дерновые, луговые, болотные). Исследования проводились в Курумканском, Хоринском, Заиграевском, Иволгинском и Селенгинском районах Республики Бурятия.

Полевые опыты закладывались на 10-ти естественных сообществах, представляющих основные типы степной и пойменной растительности, и 4-х ценозах с сеяними бобовыми и злаковыми травами.

Методы исследований. Изучение физических, водно-физических и физико-химических свойств почв, валовое содержание макро- и микроэлементов проводили общепринятыми методами. Групповой и фракционный состав гумуса изучались по Пономаревой-Плотниковой, водорастворимый - по Дьяконовой (Рекомендации..., 1984); общий азот - по Кьельдалю, фракции азота - по Шконде-Королевой, общее содержание минеральных и органических фосфатов - методом Мета в модификации Гинзбург, состав минеральных фосфатов — по Гинзбург-Лебедевой; формы калия — по Пчелкину; форм'ы соединений серы - по Айдиняну.

Содержание макро- и микроэлементов в гранулометрических фракциях определяли теми же методами, что и в нерасчлененных почвах.

Для выделения и качественного учета микроорганизмов использовались питательные среды МПА, КАА, среда Чапека, целлюлозоразрушающих микроорганизмов - среда Гетчинсона, нитрификаторов — среда Виноградского. Биомасса почвенных микроорганизмов определялась по Зражевскому и др. (1976), свободные аминокислоты - по методу Умарова и Асеевой (1971).

Определение устойчивости почв к орошению водами разного качества и изучение химического состава фильтрационных вод проводили в лабораторных модельных опытах в колонках (Зайдельман, Давыдова, 1989). Состав вод исследовали по Лурье (1973). Содержание токсичных солей рассчитывали по Базилевич и Панковой (1972).

Запасы надземной и подземной фитомассы в естественных сенокосах и пастбищах учитывали в 1-ю декаду августа, на момент максимальной продуктивности трав; в сеяных травостоях - надземную в зависимости от способа использования трав, подземную - в конце вегетационного сезона. Уровень биопродуктивности естественных ценозов оценивали по Базилевич (1993), агрофитоценозов — по Левину (1969). Изучение емкости и типов химизма круговорота элементов в системе почва-растение проводили по методу Родина и др. (1968) и Левина (1964). Химический состав растительных образцов определяли общепринятыми методами.

. Наблюдения и исследования на орошаемых и неорошаемых сенокосах и пастбищах проводились согласно «Методике опытов на сенокосах и пастбищах» (1971) и «Методическим указаниям...» (Кутузова и др., 1996). Определение класса качества сена выполнено по «Методическим...» (1993). Результаты исследований обработаны статистическими и дисперсионными методами (Доспехов, 1979).

Начиная новизна Впервые выявлены закономерности и особенности формирования биопродуктивности основных типов неорошаемых и орошаемых почв сенокосов пастбищ (строение свойства, макро и микроэлементный состав почв и гранулометрических фракций параметры плодородия, режимы и их взаимосвязи) в сухостепной зоне Забайкалья.

Определена направленность изменений состава, численности и биомассы микроорганизмов, содержания свободных аминокислот в почвах при орошении и удобрении.

Установлен влияние возрастающих доз минеральных удобрений на содержание и состав соединений азота, фосфора, калия и серы в орошаемых почвах и баланс этих элементов при выращивании сеяных злаковых и бобовых многолетних трав впервые выявлены ограничивающие факторы применения высоких доз минеральных удобрений на орошаемых почвах кормовых угодий.

Дана эколого-агрохимическая оценка использования сточной воды и удобрений при восстановлении нарушенных пойменных сенокосов на свойства, плодородие и активность микробоценоза аллювиальных луговых почв и химический состав грунтовых вод.

Изучены качественно-количественные характеристики ботанического, ареалогического, экологического и эколого-ценотического составов растительных сообществ степей и пойм рек, а также структуры их подземной фитомассы.

Установлено современное состояние размеров накопления надземной и подземной фитомассы сообществ степных пастбищ и пойменных сенокосов в зависимости от их размещения на элементах рельефа, почвенно-экологических условий, средообразующего и агромелиоративного воздействия.

Определены факторы, влияющие на формирование емкости и типа химизма биологического круговорота макро- и микроэлементов в системе почва - растение фитоценозов и изменение этих показателей при повышении уровня минерального питания.

Защищаемые положения:

- уровень биопродуктивности неорошаемых и орошаемых почв пастбищ и сенокосов сухостепной зоны Забайкалья определяется комплексом факторов средообразующего потенциала и интенсивностью агромелиоративного воздействия;
- формирование большой емкости круговорота макро- и микроэлементов при низко-средней биопродуктивности сенокосов и пастбищ обусловлено специфической структуры, подземной фитомассы, а тип химизма круговорота - ботаническим составом сообществ и почвенно-экологическими условиями их функционирования;

- эффективность минеральных удобрений на сенокосах и пастбищах зависит от влаго- и теплообеспеченности и уровня плодородия конкретного типа почв и видового состава фитоценоза;
- адаптивно-дифференцированное и экологически нормированное применение минеральных удобрений повышает продуктивность сенокосов и пастбищ и сохраняет экологическое равновесие в системе почва-растение.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные материалы могут быть использованы при оценке экологических последствий орошаемых почв и их эволюции при изменении свойств, режимов и плодородия, а также для почвенного мониторинга.

Результаты изучения современного состояния биопродуктивности степных пастбищ и пойменных сенокосов, их качественно-количественных характеристик являются основой для уточнения классификации кормовых угодий и определения путей рационального их использования.

Применение умеренных доз минеральных удобрений под естественные и сеяные сенокосы и пастбища, стимулирующих продукционный процесс и не нарушающих при этом экологического равновесия в системе почва - растение, может быть рекомендовано для кормопроизводства, в т.ч. и орошаемого.

Теоретические и практические результаты исследований опубликованы в монографиях, научных статьях, рекомендациях, учебных пособиях, рекомендованных УМО вузов РФ и используемых в учебном процессе в курсе лекций по «Агрохимии» Бурятской государственной сельскохозяйственной академии, а также представлены в 2 патентах.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных, всероссийских и региональных конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 90 работ.

Содержание работы. Диссертация представляет собой рукопись объемом 470 страниц компьютерного текста, содержащую 218 таблиц, 77 рисунков и библиографию из 482 наименований, в т.ч. 50 иностранных. Она состоит из введения, 7 глав, заключения и приложения.

Личный вклад автора. В основу работы положено обобщение результатов многолетних стационарно-полевых и маршрутных исследований автора, выполненных по планам НИР Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (гос. № 01.9.40003188), а также в рамках программы «Биоразнообразие» и различных грантов. Часть материалов получена совместно с сотрудниками лаборатории экспериментальной агрохимии ИОЭБ СО РАН ЛЛ. Убугуновым, Н.Е. Абашеевой, В.И. Убугуновой и с аспирантами по программам, разработанным автором и при ее руководстве и участии. Диссертантом лично проводилась интерпретация и обобщение полученных данных в виде научных публикаций.

Глава 1. Биологическая продуктивность и круговорот элементов как фундаментальное свойство биосферы: понятия и состояние изученности

В главе дано современное представление о биологической продуктивности и круговороте элементов как фундаментальном свойстве биосферы. Особо выделена роль почв, по существу определяющих биопродуктивность биогеоценотического покрова (Тюрюканов, Снакин, 1976) и являющихся центральным звеном круговорота, поставщиком химических элементов в растения и микроорганизмы.

Приведена изученность биопродуктивности степных пойменных фитоценозов и агроценозов в разных регионах страны. Показано, что для изучения процесса почвообразования и взаимосвязи свойств почв и их продуктивности необходим учет отчуждаемой и поступающей фитомассы в почву, определение количественных показателей биологического круговорота. Наиболее управляемое звено в биогеоценозе - система почва и растение, в которой можно наиболее полно и дифференцированно использовать ресурсы ландшафта (Ковда и др., 1974).

Глава 2. Эколого-географические условия почвообразования в сухостепной зоне Западного Забайкалья

Кратко приведены условия почвообразования в межгорных котловинах и речных поймах Забайкалья и показано, что большое разнообразие геоморфологических, литологических, геокриологических, климатических и фитоценологических факторов обуславливает формирование сложного почвенного покрова (Ногина, 1964; Ишигинов, 1972; Почвы Баргузинской котловины, 1983; Корсунов, Цыбжитов, 1989; Абашеева, 1992; Убугунова и др., 1998; Цыбжитов и др., 1999; Убугунов и др., 2000).

Глава 3. Каштановые почвы и биологическая продуктивность сухостепных пастбищ и орошаемых сенокосов

Общая площадь каштановых почв в Западном Забайкалье составляет 838 тыс. га или 35 % от фонда сельскохозяйственных угодий. Из них на долю естественных пастбищ приходится 459 тыс. га, сенокосов - 2 тыс. га (Убугунов и др., 2002). Как правило, пастбища размещаются на склонах увалов и шлейфах межгорных понижений. Из сухостепных типов пастбищ наибольшее распространение имеют злаковые, полынные, твердоватоосочковые. Все типы пастбищ находятся в различной стадии дигрессии.

Основные свойства и плодородие каштановых почв под естественными пастбищами. Каштановые почвы под степными пастбищами характеризуются укороченным профилем, легким гранулометрическим составом с разной степенью щелочности, неблагоприятными водно-физическими свойствами, слабощелочной реакцией среды в верхних горизонтах и щелочной - в нижних, небольшой емкостью катионного обмена, промытостью от легкорастворимых солей и наличием карбонатов. Динамика водного режима почв свидетельствует об их

иссушении в первой половине вегетационного сезона и оповышенном увлажнении в период июль - август.

Гумус. Содержание и запасы гумуса невысокие, а его состав характеризуется следующими показателями: степень гумификации - средняя; содержание свободных гуминовых кислот очень низкое; количество гуминовых кислот, связанных с кальцием - среднее и прочносвязанных - высокое; обогащенность гумуса азотом - средняя до высокой. В почвах под деградированными пастбищами количество гумуса и его запасы существенно снижаются.

Азот. Концентрация азота в гумусовых горизонтах варьирует от 0,08 до 0,16 %, а его запасы в слое почвы 0-20 см составляют 2,3-4,5 т/га, в слое 0-50 см - 4,8-6,9 и в слое 0-100 см - 6,4-9,5 т/га. Азотистые органические соединения малоподвижны. Запасы минерального азота в слое почвы 0-20 см равны 46,8-93,3 кг/га. Обеспеченность почв нитратным азотом низкая.

Фосфор. Для изученных почв характерно относительно высокое содержание общего фосфора (0,14-0,21 %) и постепенное его снижение вниз по профилю. В составе соединений фосфора преобладает минеральная форма (69;5-94,2 %). Отношение $C:P_{орг}$ находится в пределах 46-50. Запасы P_2O_5 также значительны: в слое почвы 0-20 см - 4,1-5,3 т/га, в слое 0-50 см - 9,8-13,6 и в слое 0-100см - 19,4-27,5

Поскольку каштановые почвы Забайкалья карбонатные, то фосфаты связаны преимущественно с кальцием, однако долевое участие Са-Р фракций различное. Основная доля в составе минеральных фосфатов принадлежит фракции Са-Рш - 42,7-70,3%. Сумма же активных фосфатов, играющих основную роль в питании растений, составляет 19,1-25,1 мг/100 г почвы. Об особенностях фосфатного режима почв можно судить по соотношению между суммой Са-Р и Са-Р и фосфатов полуторных оксидов ($P-R_2O_3$). Чем выше эта величина, тем больше доступность фосфора растениям. Значения соотношения фракций >1 свидетельствовали о преобладающей роли фракций Са-Рi и Са-Рц.

Калий. Содержание валового K_2O в почвах составляет 2,37-2,66% с равномерным его распределением по профилю почв. Запасы калия большие. На 89-95% элемент представлен силикатной формой. Количество необменного калия в верхней части профиля изменяется в пределах 7,2-10,4%. Каштановые почвы обладают значительной фиксирующей способностью в отношении калия, Обеспеченность почв обменным калием средняя.

Сера. В легких по гранулометрическому составу малогумусных, каштановых почвах-под степными пастбищами валовое содержание серы составляет в дерковых горизонтах 0,029-0,057%, в гумусовых - 0,025-0,039%. Добавляющая ее часть (до .97%) находится в резервной форме и недоступна, для растений, доля минеральной равна 2,4-9,2%. По содержанию подвижной S каштановые почвы являются низкообеспеченными. Запасы серы в слое почвы, 0-20 см изменяются в пределах 0,7-1,4 т/га, в слое 0-50 см - 1,5-2,7 и в слое 0-100 см -2,5-3,8 т/га.

Содержание Si, Al, Fe, Ca, Mg и Na в изученных каштановых почвах носит однообразный характер, что обусловлено, по мнению Г.Ф. Колосова и др., (1983), узким диапазоном колебания гранулометрического и минералогического составов почвообразующих пород.

Микроэлементы. Несмотря на небольшое валовое содержание микроэлементов, почвы среднеобеспечены подвижным Мп, Си, Zn, степень их обеспеченности подвижным Со - средне-высокая. По уровню продуктивности степные пастбища относятся к группе невысокого выноса элементов и то количество микроэлементов, которое содержится в почвах, следует оценить как достаточное для роста и развития естественных трав.

Биологическая активность. Результаты исследований по микробиологической характеристике каштановых почв под степными пастбищами выявили следующее: 1) микроорганизмы очень устойчивы к недостатку влаги в почвах, что подтверждается относительно большой общей их численностью; 2) для микробиологического профиля характерно приповерхностное концентрирование в слое почвы 0-10 см; с глубиной численность микроорганизмов резко (2,8 и 4,1 раз) уменьшается, особенно бактерий; 3) количество грибов невелико, 0,03-0,13%; 4) в составе микробсообществ существенна доля ксерофитных форм: 25,6-48,2% спорообразующих и 37,4-42,5% актиномицетов. Интенсивность биологической активности зависит от влагообеспеченности вегетационного сезона, но ее максимум приходится на июль-август.

Влияние орошения на некоторые свойства и показатели плодородия каштановых почв. Орошение оказало определенное влияние на морфологию супесчаных почв: за 15 лет полива верхняя граница карбонатного горизонта опустилась на 10-15 см; мощность гумусового горизонта увеличилась на 15-20 см; возросло содержание илистой фракции и в слое 0-40 см отмечено снижение значения рН.

Более существенные изменения произошли в длительно орошаемых суглинистых почвах. Увеличилась плотность сложения и утяжелился гранулометрический состав в средней части профиля за счет повышения количества илистой фракции. Почвы, орошаемые в течение 40 лет, имели слабокислую реакцию в гумусовом горизонте и щелочную в нижележащих. Через 80 лет орошения в почве отмечается полное или почти полное отсутствие карбонатов, слабокислая реакция в верхней метровой толще и слабощелочная - в нижних слоях.

Гумус. Орошение каштановых почв способствует увеличению содержания и запасов гумуса, что особенно выражено с повышением глубины взятого в расчет слоя и длительности срока ирригации. Основные закономерности изменения качественного состава гумуса орошаемых каштановых почв проявились в следующем: 1) увеличилось содержание собственно гумусовых кислот; 2) снизилась доля нерастворимого остатка; 3) тип гумуса из гуматно-фульватного трансфор-

мировался в фульватно-гуматный, 4) возросла степень гумификации; 5) значительно повысилось количество свободных ГК.

В отличие от других типов почв региона, например черноземов и аллювиальных дерновых остепняющихся, в каштановых почвах максимум содержания гумуса отмечен в иле. Доля пылеватых фракций в аккумуляции гумуса составляла 38%, песчаных - 19%. В карбонатном горизонте почвы долевое участие фракций иное: песчаные - 32,5, пылеватые - 30 и илистая - 38% от валового содержания гумуса. Орошение, повышая содержание гумуса, также несколько изменяло долевое участие фракций, при этом в иле отмечено уменьшение количества гумуса.

Азот Орошение супесчаной почвы в течение 15 лет увеличивало содержание в 1,6 раза, легкогидролизуемого - в 1,8, трудно- и негидролизуемого - соответственно в 1,4 и 1,5 раза по сравнению с контролем. Количество минерального азота в слое 0-20 см орошаемой почвы повысилось в 2,5 раза, а его запасы в этом слое возросли с 37 на целине до 130 кг/га в орошаемой почве.

При длительном орошении суглинистых почв увеличилось содержание гумуса, причем на значительную глубину, что способствовало накоплению общего азота в нижележащих горизонтах. Разница между количеством общего азота в верхних и нижних горизонтах составляла на целине 2,5 раза, при 40-летнем орошении - 2,1 и при 80-летнем орошении - 1,3 раза.

В длительно орошаемых суглинистых каштановых почвах повысилась биологическая активность, в связи с чем возросло количество легкогидролизуемой фракции и подвижность органического азота, т.е. улучшились условия для минерализации. Однако при поливах, зачастую избыточных, усиливаются и процессы денитрификации. Действие этих факторов взаимосвязано и постоянно, поэтому в длительно орошаемых суглинистых почвах в верхнем слое не отмечено увеличения содержания общего азота. Запасы минерального азота в слое почвы 0-20 см составляли 211-242 кг/га.

Фосфор При орошении почв содержание органофосфатов снижалось: в супесчаной - в 1,5 раза, в суглинистых - в 1,5-2 раза по сравнению с контролем. Это обусловлено повышением фосфатазной активности почв при орошении, способствующей минерализации органических соединений фосфора. Содержание фосфора в гумусе в орошаемых почвах также уменьшилось.

Направленность изменений состава минеральных фосфатов при орошении супесчаных почв проявилась в увеличении суммы активных фосфатов и снижении фракции Са-Р. При этом наиболее существенно возросло содержание фракции Са-Р₁, в 4,7 раза. Наряду с увеличением общего минерального фосфора повысилось и количество неизвлекаемого остатка.

При 40-летнем орошении суглинистых почв количество минеральных фосфатов уменьшилось. Особенно значительно снизилось содержание фракций Са-Р_н и Са-Р_{III} и в 3 раза возросло количество Fe-Р по сравнению с контролем.

При 80-летнем орошении содержание минеральных фосфатов даже несколько превышало контроль, но при этом фракционный состав претерпел значительные изменения: количество Са-Рi и Са-Рц уменьшилось в 1,6 и 7 раз, а содержание фосфатов полуторных оксидов, напротив, возросло: Al-P в 2 и Fe-P - в 17 раз. При орошении отношение Са к $P-R_2O_3$ снижалось: при 40-летнем поливе - в 2,3 и при 80-летнем - в 18 раз, что ухудшало доступность фосфора для трав.

В каштановой почве под пастбищем песчаная фракция аккумулировала 53% P_2O_5 от валового его содержания в почве, пылеватая - 24,5 и илистая - 22,5 %. В более крупных фракциях фосфор содержится в невыветрившейся форме первичных минералов, тогда как в иле он находится главным образом в органическом веществе, в форме вторичных образований двух- и трехзамещенного фосфата калия (Асланов, 1966). В орошаемой почве аккумуляция P_2C гранулометрическими фракциями изменилась: снизилось накопление фосфора в песчаной - до 39,6% и повысилось в пылеватой и, особенно существенно, в илистой.

Количество и формы извлекаемых растениями фосфатов зависят и от гранулометрических фракций почв: из песчаных и пылеватых усваивается больше Са-Р, из илистой - $P-R_2O_3$ (Гинзбург, 1989). Изучение содержания щелочных, щелочно-земельных и полуторных оксидов показало, что при орошении концентрации СаО и MgО в илистой фракции снизились, а Fe_2O_3 , напротив, возросли. Также отмечено увеличение запасов K_2O в пылеватой, СаО и MgО в песчаной и пылеватой, а аккумуляция Fe_2O_3 напротив, уменьшилась в этих фракциях. Закономерности изменения содержания щелочных, щелочно-земельных и полуторных оксидов в гранулометрических фракциях супесчаных почв при орошении согласуются с данными фракционного состава минеральных фосфатов.

Наибольшее влияние орошения на запасы фосфора (P_2O_5) в почвах проявилось на супесчаных разностях. При 40-летнем орошении суглинистой почвы запасы фосфора снизились в 1,3 раза, а при 80-летнем поливе - они возросли:

Микробиологическая активность. В сухой сезон льняное полотно в почве разрушалось на 6-10%, во влажный - до 55%. Стабильное и регулируемое орошение каштановых почв способствовало активизации биологической активности и, как следствие, разложение льняного полотна достигало 95% за два месяца экспозиции. В орошаемой почве под злаково-холоднопопынным пастбищем повысилась численность микроорганизмов в слое почвы 0-10 см в 1,9 раза и в слое 10-20 см - в 1,4 раза по сравнению с контролем. При этом отмечено возрастание количества бактерий и снижение содержания грибов, а также доли ксерофитного комплекса.

Внесение минеральных удобрений на орошаемые почвы выявило сходство и различие направленности изменений в микробоценозах: 1) существенно увеличивалась общая численность микроорганизмов, при этом отношение КАА/МПА уменьшилось; 2) в почве под орошаемой и удобряемой люцерной в большей степени получили развитие бактерии, чем актиномицеты. Относительно высокая

доля спорообразующих бактерий, возможно, являлась защитной реакцией на минеральные удобрения.

Свободные аминокислоты. Содержание свободных аминокислот в каштановых почвах, в основном, коррелировало с количеством гумуса и зависело от гранулометрического состава. В супесчаной почве во все сроки наблюдений содержание свободных аминокислот было наименьшим (в слое 0-20 см- 10,9 мг/кг почвы) и с глубиной оно снижалось в 3,3 раза. В суглинистой почве количество свободных аминокислот было выше, что обусловлено более благоприятными для протекания биологических процессов свойствами данной почвы. Уменьшение накопления аминокислот вниз по профилю суглинистой почвы более резкое, чем в супесчаной.

Изучение протеолиза желатина фотопленки за два месяца экспозиции в почве показало, что протеазная активность в почвах невысокая. Однако в условиях орошения гидролиз желатина был почти полный и, следовательно, протеолиз белков в этих, условиях мог стать важным источником свободных аминокислот. В орошаемых почвах возросло содержание свободных аминокислот: в супесчаной 15 лет орошения - в 1,6 раза, в суглинистой 40 лет орошения - в 1,2 и суглинистой 80 лет орошения- в 1,5 раза по сравнению с неорошаемыми аналогами. В распределении аминокислот по профилю всех вариантов орошаемых каштановых почв отмечено усиление их приповерхностного концентрирования.

Потенциальная устойчивость орошаемых каштановых почв к вымыванию питательных веществ из удобрений. Влияние норм полива на устойчивость почв к вымыванию питательных веществ из удобрений изучалось в полевых условиях, где испытывались два уровня минеральных удобрений: средний - N120P60K120S30 и высокий - N240P120K240S120 при норме полива 350 и 700 м³/га на каштановой супесчаной почве.

Воздействие большой поливной нормы воды (700 м³/га) на содержание и распределение питательных веществ по профилю почвы было значительным не только для компонентов с сильной миграционной способностью, таких как нитраты, хлор, сульфаты, но и оказало некоторое влияние на перемещение по профилю почв относительно устойчивых фосфора и калия, что могло быть связано с миграцией коллоидных частиц почвы со стоком избыточной влаги. Полив большими нормами приводит к неэффективному расходу воды и минеральных удобрений, а учитывая, что для орошения используются воды из малых рек, то и ухудшает их экологическое состояние.

Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на динамику пищевого режима, содержание и состав соединений N, P, K₂S₂O₈ орошаемых каштановых почвах. Опыты проводили на супесчаных орошаемых почвах под сеянными бобовыми и злаковыми сенокосами. Схема внесения возрастающих доз минеральных удобрений приведена в таблицах 2 и 3.

Азотные удобрения. При выращивании люцерны без удобрений (контроль) количество $N_{\text{обн}}$ в почве увеличилось в 1,2 раза по сравнению с его исходным содержанием. Внесение фоновых удобрений, в течение 3-х лет повысило содержание N_0 в 1,3 раза и применение N30-00 - в 1,4-1,7 раза. Дальнейшее, возрастание доз азота не привело к накоплению этого элемента в почве.

Повышение содержания $N_{\text{обн}}$ в почве при внесении небольших доз азота шло за счет негидролизующих фракций. Все эти процессы обусловлены биологическими особенностями люцерны, а именно обогащенностью фитомассы азотом и интенсивным опадом тонких корней течение вегетации. Известно, что тонких корней у растений люцерны от общей их массы перед уходом на зиму в 1,5-2,0 раза меньше, чем в июне и июле. В результате их отмирания в почве накапливается азот и углерод (Гончаров, Лубенец 1985).

Внесение N90-180 снизило запасы корневой массы в 1,5 раза по сравнению с фоном и при усилившейся биологической активности возросло количество гидролизующего азота и уменьшилась относительная доля негидролизующего. В этой связи накопления общего азота в почве под люцерной не отмечено.

Невнесение азотных удобрений (фон) под злаковый сенокос привело к снижению содержания общего азота в почве, с у ж е н и ю . С увеличением дозы вносимого азота постепенно повышалось количество минеральных форм, превышая фоновый показатель в 1,4 раза. Применение N180-360 уменьшило гидролизующесть органического азота, однако повышение содержания $N_{\text{обн}}$ в почве отмечено только при N360.

Фосфорные удобрения. С увеличением доз фосфорных удобрений в абсолютных величинах отмечено повышение содержания в почве как минерального, так и органического фосфора. Однако в относительных величинах долевое участие минерального фосфора в почве под люцерновым сенокосом закономерно снижалось увеличением доз фосфорных удобрений. Такая же картина отмечалась с органическим фосфором в почве под злаковым сенокосом. Для почв под сенокосами общим было снижение минеральных фосфатов при внесении P180 и существенное/возрастание неизвлекаемого остатка.

Преобладание минеральных форм фосфатов над органическими предопределяет развитие в каштановых почвах микроорганизмов, растворяющих трехкальциевый фосфат. Численность их невысокая, 2-3 тыс/г почвы, однако в условиях благоприятного сочетания влаги и температуры и при внесении суперфосфата количество фосфатмобилизирующих бактерий резко, в 3-5 раз, возрастало. В этот же период увеличивается и фосфатная активность удобряемых почв. Избыток подвижного фосфора подавляет синтез ферментов, что обусловило снижение органофосфатов в почве под злаковым сенокосом с увеличением доз фосфора удобрений. Применение возрастающих доз фосфорных удобрений повышало сумму активных фосфатов и более интенсивнее в почве под люцерновым травостоем, при этом возрастала доля ф р а к ц и й .

Калийные удобрения. Невнесение калийных удобрений (фоновые варианты) снизило количество обменного, необменного и силикатного калия, в результате чего уменьшилось содержание и валового K_2O . Известно, что в орошаемых почвах сухостепной зоны интенсифицируются процессы разрушения (гидролиза) минералов, а освободившийся калий в водорастворимой форме участвует в питании растений.

С увеличением доз калийных удобрений в почве повышалось содержание водорастворимого K_2O в большей степени, чем других форм. Применение дозы К360 существенно снизило количество необменного калия в почве под злаковым сенокосом, а под люцерновым, напротив, повысило.

Серные удобрения. Общим в динамике содержания подвижной серы в орошаемой почве под вегетирующими травами было преобладание ее количества в слое 20-40 см, что связано с миграцией. Однако подвижная сера не накапливалась в слое почвы 0-20 см под люцерной независимо от доз удобрений, что особенно было выражено с увеличением возраста этой культуры. Под злаковым травостоем в почве отмечена тенденция повышения содержания подвижной S с возрастанием доз серных удобрений.

После 3-х лет внесения возрастающих доз серных удобрений в почве под люцерной отмечено повышение концентраций валовой серы при дозе S60 в 1,1 и при дозе S120 в 1,3 раза по сравнению с фоном. Накопление валовой серы в почве под злаковым сенокосом наблюдалось уже при применении дозы S30, дальнейшее увеличение дозы серы не влияло на повышение этого элемента. Возрастание содержания серы в почвах шло в основном за счет ее резервной формы. По сравнению с контролем увеличилось количество подвижной серы и снизилось - минеральной.

Биологическая продуктивность и емкость круговорота химических элементов в степных пастбищах и их изменение при внесении минеральных удобрений. Смена растительных сообществ от верхних частей склонов к нижним сопровождается изменением ботанического состава, увеличением проективного покрытия и высоты травостоев. Число видов в конкретных степных сообществах обычно составляет 20-30. Флора степных пастбищ представлена 17-20 семействами, из которых наибольшее видовое разнообразие характерно для сложноцветных, злаковых и розоцветных.

В травостое степных пастбищ преобладают виды азиатских типов ареала, 51,6%. По эколого-ценотическому составу доминирующее положение занимает степная группа, 39,5%, доля лесостепной - 28,9 и горностепной - 15,8%. Ксерофиты составляют 45-47%, криоксерофиты - 14-16%, остальная доля приходится на ксеромезофиты и мезоксерофиты. Широко распространены виды растений со стержнекорневой, кистекорневой и длиннокорневищной системами корней. Живые корни составляют в среднем 18-28% от всего количества подземной массы.

Общие запасы сухой фитомассы в степных сообществах в зависимости от размещения на элементах рельефа, ботанического состава степени деградации травостоя и влагообеспеченности вегетационного сезона варьируют от 95 до 210 ц/га, что позволяет их отнести по индексам 3-4 балла к малопродуктивным. Амплитуда в запасах по местоположению (верхние части склонов и их подножия) составляет относительно постоянную величину, 1,3-2,1 раза. В общих запасах фитомассы на долю подземной приходится 92-97%, тогда как надземная составляет 3-8%. При этом соотношение надземной и подземной фитомассы, как показатель условий произрастания, в степных сообществах характеризуется большими значениями и уменьшается вниз по склону, с 1:33-36 до 1:11-14.

Влияние минеральных удобрений на биопродуктивность и емкость круговорота. Исследования проводили по экологическому профилю смены степных растительных сообществ в связи с изменением почвенно-экологических условий их произрастания. Начало профиля - верхняя часть склона (высота 580 м над уровнем моря) - гористые сухие степи (лапчатко-злаковое сообщество) на каштановых почвах, далее вниз по склону профиль проходил через люцерново-ковыльное сообщество на каштановой почве и ковыльно-разнотравное - на лугово-каштановой почве. Удобрения вносили в период начала отрастания трав по схеме: 1. Контроль; 2. N60P30K60S15.

По уровню биологической продуктивности степные сообщества можно отнести к двум группам: малопродуктивные и среднепродуктивные. К первой группе с индексом 3 и 4 балла соответственно относятся лапчатково-злаковое (121 ц/га) и люцерново-ковыльное (204 ц/га) сообщества, ко второй с индексом 5 баллов - ковыльно-разнотравное, 282 ц/га сухой фитомассы. Основная доля в общих запасах фитомассы приходилась на подземную, 88-97%. В слое почвы 0-20 см было сосредоточено 89% от всей подземной фитомассы.

Долевое участие надземной фитомассы в формировании общих запасов зависело от влагообеспеченности вегетационного сезона. Разница в максимальной надземной продуктивности трав между влажным и засушливым сезонами составляла для лапчатково-злакового сообщества 1,5 раза, для двух других - 2,2 раза.

Внесение минеральных удобрений повысило общие запасы фитомассы лапчатково-злакового и разнотравно-ковыльного сообществ в 1,3 раза, при этом надземная фитомасса возросла в 1,6 раза и подземная - в 1,3 раза. Запасы же люцерново-ковыльного сообщества увеличились соответственно в 1,5, 2 и 1,5 раза по сравнению с контролем. Применение удобрений способствовало приповерхностному концентрированию подземной фитомассы в слое почвы 0-10 см, а также сужению величины отношения надземной фитомассы к подземной.

Потребление химических элементов фитоценозом и возврат их в почву зависит не только от видового состава растительности, но и от свойств элемента, что является биогеохимическим показателем обменных процессов, определяющихся физиологическими и биохимическими особенностями растений по отношению к

определенному элементу. Ряды биологического поглощения азота и зольных элементов свидетельствовали об интенсивном поглощении химических элементов надземной и подземной фитомассой степных сообществ, кроме Si, Fe и Na, а также и K подземной массой (табл. 1). Отношение K к группе среднего захвата в подземной фитомассе связано с его физиологической ролью в функционировании растительного организма - участием в обводнении клеток надземной части растений. Поэтому в период вегетации степных трав данный элемент не накапливается в корнях, т.к. выполняет транзитную функцию.

Таблица 1. Ряды коэффициентов биологического поглощения (Ах) в фитомассе степных пастбищ

Фитомасса	Группы элементов биологического поглощения		
	очень интенсивного накопления, Ах 10-100	среднего и интенсивного накопления, Ах 1-10	среднего захвата, Ах 0,1-1
Лапчатково-злаковое			
Контроль			
Надземная	S>P>N>K>Ca	Mg>Cu>Ni>Zn>Co>Mn	Si>Fe>Na
Подземная	S>P>N	Mg>Cu>Ni>Ca>Zn>Mn	Co>Fe>K>Si>Na
N60P30K60S15			
Надземная	S>P>N>Mg>K	Ca>Cu>Zn>Ni>Co>Mn	Si>Fe>Na
Подземная	S>P>N	Mg>Cu>Ni>Ca>Zn>Mn>Co	Fe>K>Si>Na
Люцерново-кобыльное			
Контроль			
Надземная	S>P>N>Mg>K	Ca>Cu>Ni>Zn>Mn=Co	Fe>Na>Si
Подземная	S>P>N	Mg>Cu>Ni>Ca> Mn>Zn>Co	Fe>K>Na>Si
N60P30K60S15			
Надземная	S>P>N>Mg>K>Ca	Cu>Zn>Ni>Mn>Co	Fe>Na>Si
Подземная	S>P>N>Mg	Cu>Ni>Ca>Mn>Zn>Co	Fe>K>Na>Si
Ковыльно-разнотравное			
Контроль			
Надземная	P>S>K>Cu	N>Zn>Co>Mg>Ca>Ni>Mn	Si>Na>Fe
Подземная	S	P>N>Cu>Mg>Ni>Zn>Co>Ca	Fe>K>Si>Na
N60P30K60S15			
Надземная	P>S>K	N>Cu>Mg>Zn>Ca>Co>Ni>Mn	Si>Na>Fe
Подземная	S>P	Cu>N>Mg>Ni>Mn=Zn>Co>Ca	Fe>K>Si>Na

Внесение минеральных удобрений в большей степени оказало влияние на изменение коэффициентов биологического поглощения надземной фитомассой, чем подземной.

В связи со значительной интенсивностью биологического поглощения азота и зольных элементов емкость их круговорота в степных пастбищах с индексами 8-9 баллов оценивается как большая. Количество химических элементов, вовлеченных в биологический круговорот, в лапчатково-злаковом сообществе состав-

ляло 814 кг/га, в люцерново-ковыльном - 1343 и в разнотравно-ковыльном - 2277 кг/га. Тип химизма круговорота соответственно в первом - кремниевый со значительным участием азота и кальция, во втором - азотный со значительным участием Са и Mg, в третьем - азотный со значительным участием Si и Са.

Внесение минеральных удобрений повысило емкость круговорота в лапчатково-злаковом сообществе в 1,3 раза, в люцерново-ковыльном — в 1,7 и в разнотравно-ковыльном - в 1,4 раза. При этом тип химизма круговорота изменился только в лапчатково-злаковом сообществе на азотный со значительным участием кремния и кальция. Соответственно увеличился вынос элементов с отчуждаемой фитомассой.

Запасы N, P, K - элементов, лимитирующих рост и развитие растений, а также S в сухом веществе степных пастбищ были разными. Так, общие запасы азота в лапчатково-злаковом сообществе составляли 208,9 кг/га, фосфора - 26,7, калия - 26,8 и S - 16,7 кг/га, в люцерново-ковыльном сообществе - соответственно 427,7, 59,8, 75,7 и 35,9 кг/га, в разнотравно-ковыльном - соответственно 523,6, 69,9, 186,2 и 47,1 кг/га. Однако аккумуляция этих элементов в надземной фитомассе была незначительной.

Применение минеральных удобрений способствовало повышению запасов N, P, K и S в надземной фитомассе степных сообществ, особенно в люцерново-ковыльном и разнотравно-ковыльном. >

Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на биопродуктивность и емкость круговорота мочно и микроэлементов в орошаемых сеяных бобовых и злаковых сенокосах. Полевые опыты проводили на орошаемой супесчаной каштановой почве. Изучали сеяные травостои пырейника сибирского (сорт Гуран) и люцерны (сорт Онохойская 6) 2-4 года жизни трав. Использование трав сенокосное, 3 укоса за сезон. На удобряемые варианты дополнительно были внесены дефицитные для этих почв микроэлементы (Zn_5Cu_3Co) в расчете на три года.

Люцерновый сенокос. Биопродуктивность орошаемого сеяного люцернового травостоя на контроле высокая (табл. 2). Общая закономерность действия возрастающих доз минеральных удобрений на люцерновый сенокос проявилась в повышении запасов надземной фитомассы. Внесение возрастающих доз азотных удобрений увеличило ее в 1,1-1,4 раза, фосфорных - в 1,1-1,25, калийных - в 1,04-1,22 и серных в 1,02-1,16 раза по сравнению с соответствующим фоном. Запасы подземной фитомассы при азотном и калийном удобрении уменьшались, а при фосфорном и серном удобрении, напротив, возрастали по сравнению с их фоном.

Емкость биологического круговорота в агрофитоценозе люцерны на контроле с индексом 8.баллов и 831 кг/га была большой. Тип химизма круговорота - азотный. Круговорот несконденсированный: 71% от ёмкости отчуждалось с надземной фитомассой, что обусловлено 3-кратным ее скашиванием. Общим при внесении минеральных удобрений на люцерновый сенокос было повышение

Таблица 2. Биопродуктивность орошаемой люцерны в зависимости от возрастающих доз минеральных удобрений, среднее за 3 года

Вариант	Фитомасса, ц/га сухой массы					Отношение подземной к надземной
	общая	надземная		подземная (в слое 0-30см)		
		ц/га	%	ц/га	%	
Контроль	123,3	62,3	50,5	61,0	49,5	0,98
Р60К120S30 – фон 1	131,5	72,3	55,0	59,2	45,0	0,82
Фон 1 + N30	136,3	79,7	58,5	56,6	41,5	0,71
Фон 1 + N60	144,2	91,9	63,7	52,3	36,3	0,57
Фон 1 + N90	141,5	95,8	67,7	45,7	32,3	0,48
Фон 1 + N180	139,3	98,5	70,7	40,8	29,3	0,41
N60K120S30 – фон 2	121,6	81,1	66,7	40,5	33,3	0,50
Фон 2 + P30	133,3	87,6	65,7	45,7	34,3	0,52
Фон 2 + P60	144,6	92,9	64,2	51,7	35,8	0,56
Фон 2 + P90	153,2	95,8	62,5	57,4	37,5	0,60
Фон 2 + P180	165,9	101,7	61,3	64,2	38,7	0,63
N60P60S30 – фон 3	144,8	82,1	56,7	62,7	43,3	0,76
Фон 3 + K60	145,0	85,8	59,2	59,2	40,8	0,69
Фон 3 + K120	145,4	92,3	63,5	53,1	36,5	0,58
Фон 3 + K180	145,7	96,0	65,9	49,7	34,1	0,52
Фон 3 + K360	149,2	100,8	67,6	48,4	32,4	0,48
N60P60K120 – фон 4	131,0	83,6	63,8	47,4	36,2	0,57
Фон 4 + S15	135,0	85,7	63,5	49,3	36,5	0,58
Фон 4 + S30	144,3	91,8	63,4	52,5	36,4	0,57
Фон 4 + S60	148,3	94,4	63,7	53,9	36,3	0,57
Фон 4 + S120	153,3	97,0	63,3	56,3	36,7	0,58

выноса элементов с отчуждаемой фитомассой до 78,5-88% от емкости круговорота, которая составляла 8 баллов, а тип химизма круговорота был азотным.

Злаковый сенокос. Общие запасы сухой фитомассы пырейника на контроле и варианте Р60К120S30 - средние, на остальных - высокие (табл.3)

Общая тенденция влияния возрастающих доз минеральных удобрений на сеяный злаковый сенокос проявилась в увеличении доли надземной фитомассы и снижении - подземной, при этом величина их соотношения суживалась.

Емкость круговорота на контроле с 6 баллами и 484 кг/га- средняя. Внесение удобрений (фон 1) и N60 повышали ее до 7 баллов (средняя), на остальных вариантах - большая, 8 баллов. Тип химизма круговорота - азотный. С возрастанием доз минеральных удобрений вынос элементов существенно увеличивался.

Глава 4. Аллювиальные дерновые почвы и биологическая продуктивность пойменных остепненных сенокосов и пастбищ,

Наибольшее распространение пойменные остепненные луга получили в поймах среднего и нижнего течения р. Уды и ее притоков, где выделен, согласно

Таблица 3. Биопродуктивность орошаемого сеяного пырейника в зависимости от возраста доз минеральных удобрений, среднее за 3 года

Вариант	Фитомасса, ц/га сухой массы					Отношение подземной к надземной
	общая	надземная		подземная (в слое 0-40 см)		
		ц/га	%	ц/га	%	
Контроль	84,9	28,5	33,6	56,4	66,4	2,00
P60K120S30 – фон 1	96,3	36,5	37,9	59,8	52,1	1,64
Фон 1 + N60	120,1	51,9	43,2	68,2	56,8	1,31
Фон 1 + N120	141,3	68,3	48,3	73,0	51,7	1,07
Фон 1 + N180	149,0	73,5	49,3	75,5	50,7	1,03
Фон 1 + N360	159,6	79,9	50,1	79,7	49,9	1,00
N120K120S30 – фон 2	136,2	58,8	43,2	77,4	56,8	1,32
Фон 2 + P30	139,3	63,6	45,7	75,7	54,3	1,19
Фон 2 + P60	141,0	67,6	47,9	73,4	52,1	1,09
Фон 2 + P90	138,2	66,0	47,8	72,2	52,2	1,09
Фон 2 + P180	134,2	64,2	47,8	70,0	52,2	1,09
N120P60S30 – фон 3	124,8	56,4	45,2	68,4	54,8	1,21
Фон 3 + K60	134,7	64,4	47,8	70,3	52,2	1,09
Фон 3 + K120	142,9	70,0	49,0	72,9	51,0	1,04
Фон 3 + K180	137,3	67,5	49,2	69,8	50,8	1,03
Фон 3 + K360	134,3	64,6	48,1	69,7	51,9	1,08
N120P60K120 – фон 4	134,7	61,2	45,4	73,5	54,6	1,20
Фон 4 + S15	136,8	63,0	46,1	73,8	53,9	1,17
Фон 4 + S30	140,0	66,2	47,3	73,8	52,7	1,11
Фон 4 + S60	141,7	67,2	47,4	74,5	52,6	1,11
Фон 4 + S120	144,0	68,7	47,7	75,3	52,3	1,10

геоботаническому районированию, Среднеудинский район остепненных лугов (Ионнычева, Зарубин, 1979). На территории данного района развиты пойменные твердоватоосоковые сообщества (около 30 тыс. га), китайсколеймусовые (свыше 6300 га) и триниусополевищевые (около 1600 га) луга. В южной сухостепной подзоне наибольшие площади (3714 га) остепненные луга занимают в пойме нижнего течения р. Джиды (Волкова, Ляхова, 1979).

Пойменные остепненные луга функционируют преимущественно в условиях атмосферного увлажнения на аллювиальных дерновых почвах, которые формируются в высокой части прирусловой поймы и на других повышенных ее участках на слоистых песчано-супесчаных или крупнопесчано-галечниковых аллювиальных наносах, в связи с этим роль грунтовых вод во влагообеспечении очень незначительна. Экологическим фактором, лимитирующим продукционные процессы в данном типе лугов, является недостаток влаги, а в случаях интенсивного выпаса добавляется и усиливается влияние антропогенного фактора.

Основные свойства, режимы и плодородие аллювиальных дерновых почв и их изменение при орошении. Аллювиальные дерновые почвы под кормовыми угодьями в сухостепной зоне представлены слоистыми и остепняющимися, которые получили преимущественное развитие и распространение. Данный тип почв характеризуется легким гранулометрическим составом, слабощелочной или при наличии карбонатов щелочной реакцией среды, невысокой емкостью обменных катионов, незасоленностью профиля.

Гумус. Содержание гумуса в гор. A_1 слоистой и остепняющейся почв было практически равным, 2,03 и 1,98%. С глубиной его концентрация резко уменьшалась. Запасы гумуса в дерновых почвах низкие: в слое 0-20 см - 64,4 и 53,1 т/га; в слое 0-50 см - 111,1 и 77,1; в слое 0-100 см - 142,9 и 91,9 т/га соответственно. Обогащенность гумуса азотом (C:N) в слоистой почве средняя, 8-9; в остепняющейся - в гор. A_d высокая, в гор. A_1 средняя. Степень гумификации в этих горизонтах высокая. Тип гумуса - фульватно-гуматный. Содержание фракции ГК-1 очень низкое; ГК-2 высокое в гор. A_1 слоистой почвы и среднее в гор. A_1 .

Азот. Количество общего азота в почвах небольшое, 0,13%, также невелики его запасы: в слое 0-20 см - 4,3 и 3,8 т/га; в слое 0-50 см - 8,8 и 6,0; в слое 0-100 см - 13,6 и 10,4 т/га соответственно. Особенностью органического азота в дерновых почвах являлась его п о д в и ж н о с т ь, которая увеличивалась с глубиной. Почвы низко обеспечены минеральным азотом. Например, в слое 0-20 см слоистой почвы запас минерального азота составлял 48 кг/га, в этом же слое остепняющейся почвы - в 1,5 раза больше.

Фосфор. Содержание фосфора в дерновых почвах относительно высокое и варьировало по профилю в пределах 0,11-0,29% в слоистой и 0,08-0,17% - в остепняющейся. Запасы в слое 0-20 см слоистой почвы были равны 4,8 т/га, в слое 0-50 см - 12,0 и в слое 0-100 см - 22,3 т/га. Эти показатели в остепняющейся почве составляли соответственно 5,0, 10,7 и 18,0 т/га.

В составе фосфорных соединений слоистой почвы органофосфаты представлены в ее корнеобитаемом слое (0-50 см) - 10,4-27,6% от валового содержания, а их структурная организация - устойчивыми трудногидролизруемыми соединениями, так как $C:P_{орг}$ имело большие величины, 54-108. В остепняющейся почве количество органофосфатов выше и соотношение $C:P_{орг}$ уже, что указывает на их меньшую устойчивость. Содержание фосфора в гумусе было более высоким в остепняющейся почве.

Калий. Концентрация валового калия в почвах составляет 2,41-3,39% с равномерным его распределением по профилю. Запасы K_2O в 0-20 см слое слоистой почвы были равны 82,6 т/га, в слое 0-50 см - 201,2 и в слое 0-100 см - 368,8 т/га; в остепняющейся почве соответственно 86,9, 205,9 и 377,4 т/га. Почвы различались по содержанию и соотношению форм калия. В перегнойно-аккумулятивных горизонтах остепняющейся почвы количество обменного и необменного K_2O было существенно выше, чем в слоистой. Однако водорастворимым калием

слоистая почва была обеспечена лучше. Силикатная форма K_2O в дерновых почвах составляла 96-99,7 % от его валового содержания.

Сера. Аккумуляции валовой серы в дерновых почвах в своих наибольших значениях приурочена к верхним горизонтам. По запасам валовой серы слоистая почва значительно превосходила остепняющуюся. В слое 0-20 см слоистой почвы запасы серы составляли 17,2 т/га, в слое 0-50 см - 28,1 и в слое 0-100 см - 37,0 т/га. Эти показатели в остепняющейся почве были соответственно равны 5,7, 10,6 и 16,0 т/га. Только в гор. А_д слоистой почвы обеспеченность подвижной серой была высокой, но, в целом, почвы характеризовались низким содержанием данной формы. Незначительно также и количество минеральной серы. Резервная форма серных соединений, напротив, очень велика и составляла 92,5-99,2 % от валового ее содержания.

Содержание Si, Fe, Ca, Mg и Na. Количество Si в дерновых почвах изменялось в пределах 30,2-35,1%, Fe - 1,0-2,1, Ca - 1,7-2,8, Mg - N a - 1,8-3,2%, что обусловлено неоднородностью гранулометрического составов.

Микроэлементы. Общим для дерновых почв являлось невысокое количество микроэлементов, которое в слоистой почве значительно варьировало по профилю. Так, содержание Mn в слоистой почве составляло 36-269 мг/кг, Zn 18-52, Cu - 4,6-23, Co - 2,6-6,7 и Ni - 0,6-25 мг/кг, в остепняющейся - соответственно Mn - 260-305, Zn - 14-36, Si - 2,5-4,2, Co - 13-18,5 и Ni - 7,1-9,4 мг/кг. Подвижность Mn, Zn, Co была выше в слоистой почве, Si и Ni - в остепняющейся.

Режимы влажности, биологической активности и подвижных элементов питания зависят от количества и частоты выпадения атмосферных осадков, которые определяют неустойчивость и неравномерность водного режима дерновых почв, и связанных с ним микробиологического процесса, образование и поглощение подвижных питательных элементов. Обеспеченность дерновых почв нитратным азотом и подвижным фосфором очень низкая и низкая, обменным калием - средняя. Внесение удобрений способствовало ускорению разложения целлюлозы по сравнению с контролем и не оказало существенного влияния на протеолитическую активность.

Влияние орошения на свойства и плодородие аллювиальных дерновых почв. Исследовали аллювиальные дерновые остепняющиеся почвы, используемые как: 1) естественные пастбища; 2) сеяные злаковые травостой, орошаемые 12 лет; 3) пашня, 20 лет орошения. Почвы находятся в непосредственной близости друг от друга в сходных геоморфологических условиях и развиваются на грубых песчано-галечниковых аллювиальных отложениях.

Неорошаемая почва характеризовалась слабокислой, близкой к нейтральной, реакцией среды, при орошении - значения pH устойчиво слабокислые. Количество обменных катионов в почве снизилось при орошении с изменением отноше-

ния Са/Мg. Почвы незасолены, величина плотного остатка составляет 0,02-0,25%. Тип химизма водной вытяжки гидрокарбонатно-кальциево-магниевый.

Длительное орошение изменило в большей степени количество и соотношения фракций гранулометрического состава почвы под сеяным травостоем, чем в орошаемой пашне.

На содержание и распределение элементов в орошаемых почвах наибольшее влияние оказали срок орошения и характер использования почв. В абсолютных величинах изменение в концентрациях элементов в гумусовых горизонтах орошаемых почв по сравнению с неорошаемым аналогом выразилось следующим образом: увеличилось содержание С соответственно в 1,3 и 1,5 раза, N - в 1,6 и 1,7 раза, S - в 1,6 и 2,5 раза; количество же Са уменьшилось соответственно в 2,7 и 2,4 раза, Mg - в 2,6 и 3,6, Na - в 1,8 и 1,6, Fe - в 1,2 и 1,5, K - в 1,1 и 1,4, P - в 2 и 1,3 раза.

Общим для химического состава гранулометрических фракций орошаемых почв было увеличение содержания в иле P, S, Си и Мо и снижение количества K, Na, Са, Mg и Fe. Аккумуляция же Mn, Zn и Co снизилась во фракции мелкой пыли и иле. По относительному содержанию во фракциях (%) элементы в слое почвы 0-20 см располагались в следующем убывающем порядке:

неорошаемая почва

песчаная - Na > K > P > Ca > S > Fe > N > Mg > Mo > Cu > Co > Zn > Mn;
пылеватая - N > Fe > S > Ca > P > Mg > Na > K > Mn > Cu > Co > Zn > Mo.
илистая - Mg > Fe > S > N > P > Ca > K > Na > Zn > Co > Mn > Mo > Cu.

орошаемая 12 лет почва

песчаная - K > Na > Ca > Mg > Fe > P > N > S > Mo > Cu = Co > Mn > Zn;
пылеватая - Mg > Ca > P > N > Na > S > Fe > K > Mn > Co > Zn > Cu > Mo;
илистая - S > Fe > N > P > Mg > Ca > Na > K > Zn > Mo > Cu > Co > Mn;

орошаемая 20 лет почва

песчаная - Na > K > Ca > P > Fe > Mg > S > N > Mo > Co > Mn > Cu > Zn;
пылеватая - Mg > N > Ca > Fe > S > P > K > Na > Mn > Cu > Co > Zn > Mo;
илистая - S > N > P > Mg > Fe > Ca > K > Na > Zn > Mo > Cu > Co > Mn.

Гумус. Для неорошаемых почв под разреженной естественной растительностью характерно низкое содержание и незначительные запасы гумуса, резко убывающие вниз по профилю. Обогащенность гумуса азотом очень низкая, а степень гумификации, напротив, высокая. Тип гумуса - гуматно-фульватный с малым содержанием свободных гуминовых кислот и негидролизуемого остатка, средним - ГК, связанных с кальцием, и высоким - прочносвязанных гуминовых кислот. В орошаемых почвах увеличилось количество и запасы гумуса, возросла обогащенность его азотом, повысилась доля негидролизуемого остатка и снизилась - фульвокислот.

Азот. Наряду с увеличением количества гумуса в орошаемых почвах возросло содержание и запасы общего азота. В гумусовом горизонте орошаемой 1?

лет почвы концентрация повысилась в 1,6 раза, орошаемой 20 лет почве - в 1,7 раза по сравнению с этим же горизонтом неорошаемого аналога. Уровни накопления гумуса и азота обуславливают интенсивность образования минеральных азотистых соединений. С увеличением гумусированности повышается биологическая активность, а следовательно, и минералгоация азотсодержащих органических соединений (Гамзиков, 1981). Содержание минерального азота в орошаемых почвах возросло соответственно в 2,3 и 2,7 раза в зависимости от срока орошения. Этому также способствовала увеличившаяся подвижность органического азота. В орошаемых почвах относительное содержание резервных фракций органического азота в гумусовых горизонтах имело достаточно выраженную тенденцию к их снижению.

Распределение гумуса и азота по гранулометрическим фракциям имеет большое значение для познания процессов аккумуляции гумусовых и азотистых веществ конкретной почвой. В неорошаемой почве наибольшее количество гумуса содержалось во фракции мелкой пыли. Как с увеличением размер частиц, так и с их уменьшением концентрации гумуса существенно снижались. Действие орошения на содержание гумуса и азота в гранулометрических фракциях проявилось в уменьшении их концентраций в пылеватых частицах в 1,2-1,6 раза и увеличению - в иле (в 1,5-1,8 раза) относительно неорошаемых аналогов.

Участие гранулометрических фракций в накоплении гумусовых и азотистых веществ неравноценно. Песчаные фракции в неорошаемых почвах, несмотря на их значительное содержание (61%), аккумуляровали всего 15,6% гумуса и 11,2% азота. При орошении накопление ими гумуса снизилось до 6,4-9,6%, азота - до 5,6-6%.

Пылеватая фракция (26%) в неорошаемой почве концентрировала 60% гумуса и 53% азота. При выращивании многолетних злаковых трав в условиях орошения содержание данной фракции в почве уменьшилось в 1,6 раза, но количество аккумулярованных в ней гумуса и азота возросло соответственно до 64 и 59%. В более длительно орошаемой пашне пылеватая фракция накапливала гумуса 52% и азота 51% от их общего содержания. С увеличением срока орошения почв аккумуляция гумуса и азота в илистой фракции повышалась.

Отношение C:N в частицах сужалось с уменьшением их размера и достигало минимума в илистой фракции.

Фосфор. В связи с интенсивным потреблением P ; возросшим отчуждением с фитомассой, содержание и запасы общего фосфора в орошаемых почвах уменьшились, также снизилась обеспеченность их подвижным фосфором. Из-за подкисления почвенной среды при орошении произошло образование более устойчивых трудногидролизуемых фосфорорганических соединений (увеличение отношения $\text{C:P}_{\text{орг}}$).

Калий. Длительное орошение данных почв привело к снижению содержания и запасов валового калия в слое почвы 0-20 см. Орошение почв способствовало

увеличению доли водорастворимой и необменной форм K_2O и уменьшению обменной. В связи с этим количество обменного калия понизилось от средней обеспеченности в неорошаемой почве до низкой - в орошаемых почвах, что обусловлено как возросшим его вносом с отчуждаемой фитомассой, так и фиксацией при увеличении смен циклов увлажнения и высушивания почв. Такие же закономерности распределения форм калия в орошаемых почвах отмечены в литературе (Пожилов, 1991; Жукова, Никитина, 1996; Конончук, Никитина, 2002)

Биологическая активность. Микробиологический профиль почвы под естественным сообществом характеризовался прижатостью к поверхностным горизонтам. По относительному содержанию бактерий (63,3-68,9%), актиномицетов (31,0-36,6%) и грибов (0,05-0,1%), а также спорообразующих микробоценозы аллювиальных дерновых почв имеют большое сходство с микробными сообществами каштановых почв. На это также указывает преобладание численности микроорганизмов, растущих на минеральных источниках азота, что свидетельствует об интенсивности процессов минерализации органического вещества.

Многолетнее орошение увеличило общую численность микроорганизмов слое почвы 0-20 см, в нижележащих же горизонтах отмечено ее снижение с возрастанием срока орошения. В поверхностных горизонтах повысилась доля бактерий (73,4-77,2%) и уменьшилась - актиномицетов (22,7-26,6%), грибов (0,03 - 0,07) и спорообразующих (20,4-28,5%). Сузилось также отношение КАА/МПА.

Наибольшее накопление биомассы микроорганизмов в почве под неорошаемым пастбищем приходится на июль-август, т.е. на период максимальных осадков и температур. Такой же характер носит динамика накопления биомассы микроорганизмов в орошаемых почвах, только с большими абсолютными значениями, особенно в гумусовых горизонтах.

Целлюлозолитическая активность в неорошаемых почвах определялась количеством выпавших осадков и составляла 8-48%. В орошаемых почвах за два месяца экспозиции льняное полотно разрушалось на 67-72%, внесение удобрений увеличивало интенсивность его разрушения до 86-88%. Различия между почвами разного срока орошения по целлюлозолитической активности не были достоверными.

Содержание свободных аминокислот в почве под пастбищем невысокое, резко убывающее с глубиной. В орошаемой почве под сеяным травостоем их количество в слое 0-20 см возросло в 1,3-1,4 раза и увеличилось концентрирование

окислот в поверхностных горизонтах. В орошаемой 20 лет почве содержание аминокислот в слое почвы 0-20 см было практически одинаковым с почве 12 лет орошения, что связано с увеличением аэрации при пахоте, повышающей активность оксидаз, негативно влияющих на их накопление. Большую часть общего количества свободных аминокислот составляли дикарбоновые и тральные. Орошение повышало долю диаминарбоновых и оксиаминокисл при одновременном снижении дикарбоновых.

Потенциальная устойчивость орошаемых аллювиальных дерновых остепняющихся почвах к вымыванию питательных веществ из удобрений. В полевых условиях на орошаемом культурном пастбище был заложен опыт, где испытывались три варианта: без удобрений, средние дозы - N120P60K120; высокие - N240P120K240 на двух поливных фонах: средняя норма - 350 м³/га и высокая - 700 м³/га. Полученные результаты свидетельствовали о негативном влиянии высоких норм полива, усиливающих миграционную способность нитратов и анионов хлора, особенно при внесении повышенных доз минеральных удобрений. Подвижный фосфор и обменный калий проявляли устойчивость к вымыванию.

Биологическая продуктивность и емкость круговорота химических элементов в пойменных остепненных лугах и их изменение при внесении минеральных удобрений. Проективное покрытие сенокосов составляет, как правило, 55-70%, пастбищ - 38-40%. Флора пойменных остепненных лугов характеризуется относительно большим разнообразием, однако в отдельных сообществах число видов обычно составляет 11-37. Наибольшее участие в сложении травостоев принимают виды семейств злаковых, бобовых, астровых и розоцветных. На пастбищах доминантом выступает осока твердоватая. Основу травостоя составляют виды циркумполярного - 34%, евроазиатского - 23 и центральноазиатского - 17% типов ареала. Экологический состав представлен эумезофитами - 43%, мезоксерофитами - 26, ксеромезофитами - 23 и эуксерофитами - 9%. В эколого-ценотическом составе доминируют виды степного комплекса - 48,5%, доля других существенно ниже, лугового - 17 и лесного - 14%. Значительно также участие видов антропофильного комплекса (до 20%), что обусловлено неумеренными пастбищными нагрузками.

По глубине проникновения корневых систем трав фитоценозы характеризуются поверхностным их распределением (в слое почвы 0-20 см сосредоточено 93-95% от всей подземной массы) из-за преимущественного распространения длинно- и короткокорневищных растений. Фракционный состав подземной фитомассы в слое почвы 0-50 см представлен (%): корневища - 8-9, крупные корни - 17-24, средние - 14-39 и мелкие 37-53. Доля живых корней равна 15-28% от подземной фитомассы. Фракция крупных корней гумифицирована на 50-59%, мелких - на 92-98%.

Современное состояние биопродуктивности пойменных остепненных лугов с запасами сухой фитомассы 139-208 ц/га и индексами 3-4 балла характеризуется как низкое. Надземная фитомасса в данных лугах составляет 5-7%, подземная - 92-95% от общих запасов, а величина отношения надземной фитомассы к подземной в сообществах варьирует в пределах 1:11-20.

Несмотря на низкие запасы сухой фитомассы, емкость круговорота элементов в пойменных остепненных лугах высокая, 8-9 баллов. Наиболее распространены кремниевый и азотный типы химизма круговорота.

Влияние минеральных удобрений на биопродуктивность и емкость круговорота естественных лугов и орошаемых сеяных злаковых травостоев.

Естественные луга. Исследования проводили на разнотравно-замещающе-полынным сообществе, произрастающем, на дерновой слоистой почве и твердоватоосочковом - на дерновой остепняющейся почве по схеме: 1 контроль; 2 - N90P60K60,

Внесение удобрений изменило содержание и соотношение ботанических групп, при этом существенно увеличилась доля злаков и снизилась - разнотравья.

В среднем за 3 года общие запасы сухой фитомассы на контроле первого сообщества составляли 210,7 и второго - 168,3 ц/га (4 балла). Доля надземной фитомассы была равна соответственно 7,4 и 7,1%, отношение надземной фитомассы к подземной - 1:12,0 и 1:13. В слое почвы 0-10 см было сконцентрировано 69,6% от всей подземной фитомассы разнотравно-полынного ценоза и 86,3% - твердоватоосочкового.

Внесение минеральных удобрений оказало большее влияние на повышение биопродуктивности разнотравно-полынного сообщества, чем твердоватоосочкового. Так, общие запасы сухой фитомассы в первом сообществе возросли в 1,9 раза, а во втором - в 1,3 раза. Разнотравно-полынное сообщество с индексом 5 баллов и 408,2 ц/га сухой фитомассы на удобренном варианте отнесено к среднепродуктивному. Накопление $C_{\text{орг}}$ составляло в разнотравно-полынном сообществе 6400 кг/га, в твердоватоосочковом - 64 кг/га. Удобрения способствовали возрастанию запасов $C_{\text{орг}}$ в первом сообществе, в 2 раза, во втором т в 1,4 раза по сравнению с контролем, а в почвы ежегодно дополнительно поступало соответственно 5,8 и 2,1 т/га $C_{\text{орг}}$.

Наибольшее различие в интенсивности биологического поглощения макро- и микроэлементов фитомассой сообществ пойменных остепненных лугов отмечено для группы среднего и интенсивного накопления элементов (табл. 4). Вне сение удобрений в основном усиливало поглощение химических элементов.,

Фитоценозы пойменных остепненных лугов характеризовались большой емкостью круговорота с показателями 8 баллов и 1377 и 1101 кг/га, соответственно в разнотравно-полынном и твердоватоосочковом сообществе Тип химизма круговорота в первом фитоценозе - кальциевый с большим участием азота и железа, во втором - кремниевый с большим участием азота и кальция. Вынос с отчуждаемой фитомассой составлял 7,1% в разнотравно-полынном и 5,8% в твердоватоосочковом сообществах от их емкости соответственно.

Внесение N90P60K60 способствовало возрастанию емкости круговорота химических элементов: в разнотравно-полынном ценоз в 2 раза в твердоватоосочковом - в 1,5 раза по сравнению с контролем (9, баллов). Тип химизма круговорота в первом сообществе изменился на азотный, во втором остался прежним, т.е. кремниевым. На удобренных вариантах увеличился вынос элементов с отчуждаемой фитомассой.

Таблица 4. Ряды коэффициентов биологического поглощения (Ах) в фитомассе сообществ пойменных остепненных лугов

Фитомасса	Группы элементов биологического поглощения		
	очень интенсивного накопления, Ах 10-100	среднего и интенсивного накопления, Ах 1-10	среднего захвата, Ах 0,1-1
Разнотравно-попынное			
Контроль			
Надземная	P>N>Zn>Co>Ni	K>Cu>Mn>Ca>S>Mg	Fe>Na>Si
Подземная	P>Mn>Co>Ni>Zn	N>Fe>Cu>Ca>Mg>S>K	Na>Si
N90P60K60			
Надземная	P>N>Co>Zn	K=Ni>Cu>Mn>S>Ca>Mg	Si=Fe>Na
Подземная	P>Mn>Co>Ni	N>Zn>Fe>Ca>Cu>Mg>S>K	Na>Si
Твердоватоосочковое			
Контроль			
Надземная	P>N>Cu>Ni>S	Mn>Zn>Ca>Mg>K>Co	Si>Fe>Na
Подземная	Cu>N	Ni>P>Mn>S>Zn>Ca>Mg>Fe>Co	Si>K>Na
N90P60K60			
Надземная	P>N>Cu>S>Mn	Zn>Ni>Ca>Mg>K>Co	Fe>Si>Na
Подземная	Cu>N	P=Ni>Mn>S=Zn>Ca>Mg>Fe>Co	K>Si>Na

Запасы N, P и K - в сообществах существенно различались. Например, в разнотравно-попынном сообществе запасы N составляли 277 кг/га, P-135,9 и K - 156,4 кг/га, в твердоватоосочковом - соответственно 228,1, 25,4 и 71,5 кг/га. Однако аккумуляция данных элементов в надземной фитомассе первого ценоза была равной: N-11,5%, P-4,9 и K-15,9%, второго - N-9,7%, P-9,4 и K-7%. Применение минеральных удобрений повысило их накопление в надземной фитомассе в большей степени разнотравно-попынного ценоза, чем твердоватоосочкового.

Орошаемые сеяные злаковые травостой. Полевые опыты проводили на двух орошаемых сеяных злаковых травостоях 2-4 года жизни трав, произрастающих на аллювиальных дерновых остепняющихся почвах. Влияние орошения на свойства и плодородие почв приведено в соответствующем разделе выше. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70% от НВ поливами дождеванием по 300-350 м³/га 5-7 раз за вегетационный сезон. Испытывались две злаковые травосмеси районированных сортов: 1) кострец безостый, пырейник шероховатостебельный, житняк гребенчатый; 2) кострец безостый, пырейник сибирский, овсяница луговая. Травостой использовались по пастбищному режиму.

На изменение видового состава травостоев большое влияние оказали поливы дождеванием и внесение минеральных удобрений, а также возраст трав и режим их использования. Количество разнотравья уменьшалось при азотном удобрении. Дождевание также способствовало развитию злаков, что подтверждается снижением содержания разнотравья на контроле и фоновых вариантах.

Внесение азотных удобрений усиливает процесс побегообразования злаковых трав. В зависимости от дозы, срока и кратности внесения азотных удобрений

плотность первого травостоя увеличилась в 2,2-6,2, второго - в 2,7-5,7 раза по сравнению с контролем. Фоновые удобрения не оказали влияния на плотность первого из них, но их внесение в дозе P90K90 повысило в 2,4 раза плотность второго. Наибольшая плотность травостоев отмечалась на третьем году жизни трав.

Биопродуктивность сеяных злаковых ценозов высокая (табл. 5). Азотные удобрения повышали долю надземной фитомассы первой травосмеси в 3,7-5,6 раза, во второй - в 2,5-3,1 раза и снижали подземную фитомассу.

Распределение подземной фитомассы в профиле почвы также зависело от способа орошения, частоты отчуждения трав в ранние фазы их развития и поверхностного внесения минеральных удобрений. Повышение уровня азотного питания трав способствовало увеличению концентрации корней в 0-10 см слое почвы и уменьшению их в нижележащих слоях. Подземная фитомасса первой травосмеси превышала надземную в 20 раз, второй - в 11,7 раза. Азотные удобрения способствовали снижению этого отношения до 2,8-4,8.

У сеяных многолетних трав отмечается интенсивное нарастание корневой массы в первые 5-6 лет их жизни. Наибольший же прирост корней наблюдается в первый и второй годы жизни трав. Со второго года жизни трав к четвертому корневая масса первой травосмеси увеличилась по всем вариантам в 1,3-1,5 раза, второй - в 1,4-1,6 раза.

К наиболее интенсивно поглощаемым фитомассой сеяных злаковых травостоев элементам относятся P, N, Ca, Mg; к группе среднего и интенсивного накопления - K, S, Mn, Zn, Si, Co, Ni; к группе среднего захвата - Na, Si, Fe. Внесение минеральных удобрений не изменяло, как правило, градаций коэффициентов биологического поглощения, за исключением Na и Zn. Интенсивность биологического поглощения несколько различалась в абсолютных значениях для каждой травосмеси, но общие закономерности сохранились.

Сеяные злаковые травостои характеризовались большой емкостью круговорота с индексом 8 баллов (табл. 5). Тип его химизма — азотный с большим участием кальция и кремния. Внесение удобрений в дозе N120P60K60 весной повысило емкость круговорота в первой травосмеси до 9 баллов. Такое же действие, но уже для обеих травосмесей, оказало применение N240P90K90.

Глава 5. Аллювиальные луговые почвы и биологическая продуктивность пойменных настоящих лугов

Пойменные настоящие луга, произрастающие на аллювиальных луговых почвах и расположенные, как правило, на положительных элементах рельефа центральной поймы, преобладают в поймах рек степной и сухостепной зон Забайкалья. Например, в нижнем течении р. Уды и ее притоков их площадь составляет 27980 га (Ионычева и др., 1991).

Основные свойства, режимы и плодородие аллювиальных луговых почв. Почвы (луговые слоистые и собственно луговые) обладают более тяжелым гранулометрическим составом верхних горизонтов (от тяжелого до легкого суг-

Таблица 5. Биопродуктивность и емкость круговорота в сеяных злаковых травостоях в зависимости от минеральных удобрений, среднее за 3 года

Вариант	Запасы сухой фитомассы				Распределение подземной фитомассы в почве, %			Емкость круговорота, кг/га	Вынос, % от емкости	
	общие	надземной		подземной		0-10 см	10-20 см			20-30 см
		1	2	1	2					
1 травосмесь										
Контроль	228,5	10,9	4,8	217,6	95,2	76,7	13,3	10,0	1182,3	5,0
P60K60 – фон 1	220,8	12,6	5,7	208,2	94,3	77,5	14,5	8,0	1146,0	6,2
Фон 1 + N120(60+60)	219,2	37,9	17,3	181,3	82,7	81,2	12,8	6,0	1233,3	17,8
Фон 1 + N120 весной	244,9	53,9	22,0	191,0	78,0	84,4	10,0	5,6	1529,1	26,8
Фон 1 + N120 осенью	232,5	43,0	18,5	189,5	81,5	86,2	9,2	4,6	1385,3	19,9
Фон 1 + N120 (120+60)	227,1	49,6	21,8	177,5	78,2	86,7	10,3	3,0	1411,3	24,6
P90K90 – фон 2	231,5	19,1	8,3	212,4	91,7	75,8	14,6	9,6	1360,6	8,5
Фон 2 + N240 (120+60+60)	251,7	67,1	26,7	184,6	73,3	88,8	9,0	2,2	1728,6	30,5
P, %		6,2		2,7						
НСР ₀₅ , ц/га		7,4		16,4						
2 травосмесь										
Контроль	249,9	19,7	7,9	230,2	92,1	73,7	16,8	9,8	1398,1	8,4
P60K60 – фон 1	254,3	25,7	10,1	228,6	89,9	74,3	15,2	10,5	1408,4	10,8
Фон 1 + N120(60+60)	208,5	40,5	19,4	168,0	80,6	79,0	16,6	4,4	1205,6	24,4
Фон 1 + N120 весной	245,9	57,3	23,3	186,6	76,7	80,0	14,2	5,8	1483,3	27,7
Фон 1 + N120 осенью	255,8	50,2	19,6	205,6	80,4	84,7	9,7	5,6	1371,5	24,0
Фон 1 + N120 (120+60)	227,2	56,6	24,9	170,6	75,1	84,1	8,6	7,3	1351,7	32,5
P90K90 – фон 2	240,3	22,0	8,5	218,3	91,5	71,6	17,4	11,0	1353,7	9,7
Фон 2 + N240 (120+60+60)	276,9	68,4	24,7	208,5	75,3	83,0	12,4	4,5	1718,9	34,1
P, %		5,7		3,2						
НСР ₀₅ , ц/га		7,7		19,5						

Примечание. в графе 1 – ц/га; 2 - % от общих запасов.

линка), нижние же горизонты в большинстве случаев опесчанены и в разной степени скелетны. Для них характерны относительно благоприятные водно-физические свойства и высокое содержание обменных катионов и составе которых постоянно наличие натрия. Значения рН варьируют в пределах хлабощелочных-щелочных значений.

Гумус. Луговые почвы характеризовались резко выраженной⁴ аккумуляцией органического вещества в верхних горизонтах и различались по его распределению. Запасы гумуса в слоистой почве в слое 0-20 см составляли 99,8 т/га, в слое 0-50 см - 166,2 и в слое 0-100 см - 209,0 т/га. В собственно луговой почве они были равными соответственно 96,3, 123,0 и 142,4 т/га. Тип гумуса фульватно-гуматный, его обогащенность азотом в слоистой почве средне высокая, в собственно луговой - очень высокая. Степень гумификации высокая. Содержание фракции ГК-1 низкое; ГК-2 - среднее; ГК-3 - высокое; негидролизуемого остатка - низкое, в гор. В собственно луговой - среднее.

Азот. Содержание общего азота в почвах высокое, а его распределение носило убывающий характер. Запасы азота составляли в слоистой почве в слое 0-20 см 7,8 т/га, в слое 0-50 см 14,7 и в слое 0-100 см - 21,7 т/га; в собственно луговой - соответственно 11,6, 16,7 и 22,2 т/га. По фракционному составу органический азот характеризовался низкой подвижностью, что связано с преобладанием в их составе трудно- и негидролизуемых фракций. В слое почвы 0-20 см содержалось 180 и 370 кг/га минерального азота.

Фосфор. Содержание P_2C в луговых почвах относительно высокое, так же как и его запасы: в слое 0-20 см слоистой почвы 5,3 т/га O_3 , в слое 0-50 см - 11,2 и в слое 0-100 см - 20,4 т/га; в собственно луговой - соответственно 6,1, 13,1 и 24,6 т/га. На 50-58% фосфорные соединения в слое 0-20 см состояли из минеральных форм, которые с глубиной увеличивали свое содержание, а количество органофосфатов снижалось. Обеспеченность почв подвижным P_2O_5 средняя.

Калий. В связи с обогащенностью аллювиальных отложений калийсодержащими минералами в луговых почвах отмечено большое содержание калия и равномерное его распределение по профилю почв. Запасы K_2O также высоки: в луговой слоистой почве в слое 0-20 см - 63,7 т/га, в слое 0-50 см - 194,2 и в слое 0-100 см - 457,6 т/га; в собственно луговой - соответственно 56,6, 167,0 и 380,1 т/га. Подвижность калия в почвах слабая, так как почти весь (97-99%) он находится в силикатной форме. Почвы низкообеспечены обменным калием.

Сера. Концентрации серы в луговой слоистой почве варьировали в очень широких пределах (0,04-0,52%), что обусловлено генетической природой данной почвы. В собственно луговой почве выражена биогенная аккумуляция этого элемента, количество которого убывало с глубиной. Запасы серы в почвах большие, но основная ее часть (90-99%) представлена резервной формой. Несмотря на низкое содержание подвижных форм в почвах (<6 мг/кг), растения при существующем уровне продуктивности не испытывали недостатка в этом элементе питания.

Другие макроэлементы. Валовое содержание и распределение этой группы макроэлементов (Si, Al, Fe, Ca, Mg и Na) в аллювиальных луговых почвах мало изменялось по профилю и различалось между почвами.

Микроэлементы. Общим для луговых почв было невысокое валовое содержание Mn, Zn, Cu и Ni и своеобразное, присущее каждой почве их распределение. По количеству и подвижности Mn, Zn и Si почвы имели большое сходство, однако по Co и Ni различались.

Режимы влажности и динамика содержания подвижных элементов питания в аллювиальных луговых почвах приближались к оптимальным, особенно во вторую половину вегетационного сезона. Внесение удобрений повышало содержание подвижных питательных элементов в почвах на очень короткий период, затем, в связи с ростом и развитием трав, их количество в почве снижалось.

Биологическая активность. Развитие микробиологической активности в луговых почвах шло медленно, достигая максимума к началу августа. Внесение минеральных удобрений активизировало биологическую активность в основном во второй половине сезона. Протеазная активность в почвах была повышенной по сравнению с другими типами аллювиальных почв, а ее направленность имела однотипный характер с целлюлозолитической активностью. Невыраженное воздействие минеральных удобрений на активность протеаз обусловлено, возможно, конкурентными отношениями между растениями и микроорганизмами.

Влияние орошения и минеральных удобрений на некоторые свойства, режимы и плодородие аллювиальных луговых почв. Исследования выполнялись по следующей схеме: 1) контроль (без орошения и удобрения); 2) полив речной водой (РВ); 3) полив РВ+N60P30K30; 4) полив сточной водой (СВ); 5) полив СВ+N60P30K30. Орошение регулируемое. Использование травостоя сенокосное. Химический состав поливных вод (речной и сточной) не имел противопоказаний по ПДК для орошения, но отличался некоторыми особенностями: 1) речная вода имела очень низкую минерализацию, что может вызвать и усилить процессы элювирования. Значение рНс (компонент расчета SAR) было равно 8,4, что является благоприятным фактором, увеличивающим возможность растворения CaCO₃ при фильтрации вод через почву и обогащение почвенного раствора кальцием, в результате чего уменьшается опасность осолонцевания почв (Орлов и др., 1990); 2) сточная вода по содержанию нитратов (11,5 мг/л), HCO₃ (3,32 мгэкв/л) и соотношению Na/Ca, превышающему норму, не соответствовала современным экологическим требованиям (Панкова, Айдаров, 1995).

Достоверные изменения гранулометрического состава орошаемых почв отмечены в гумусовых горизонтах, в которых увеличилось содержание фракции мелкого песка и сократилась доля фракций мелкой пыли и ила, т.е. потенциальная способность к оструктуриванию снизилась. При поливе сточной водой количество водопрочных агрегатов уменьшилось.

Орошение водами разного химического состава изменило содержание и соотношение обменных катионов. При поливе, речной водой сумма катионов уменьшилась в гор. А и гор. АВ и увеличилась в гор. В1, что могло быть следствием миграции и аккумуляции здесь под действием ирригационной эрозии высокодисперсных минеральных частиц. Отмеченное рядом авторов (Николаева и др., 1987; Суюндуков, 1998) снижение количества ионов Ca^{2+} в орошаемых почвах, в наших исследованиях наблюдалось только в поверхностных горизонтах (А+АВ). Полив РВ усилил выход Na^+ из ППК, его содержание уменьшилось по сравнению с контролем в гор. А - в 2,8, гор. АВ - в 2,1 и в гор. В1 - в 1,4 раза. Снизилось также количество ионов Mg^{2+} , а отношение Ca/Mg значительно расширилось в нижележащих горизонтах.

При поливе сточной водой наметилась тенденция к осолонцеванию всего профиля почвы. Соотношение Ca/Mg при этом заметно сузилось, что связано с ростом значения рН, когда ослабевает связь ионов Ca^{2+} с почвенным поглощающим комплексом и возрастает энергия магния к поглощению (Разумова, 1970).

При поливе речной водой содержание легкорастворимых солей в почве достоверно уменьшилось лишь гумусовом горизонте. Полив сточной водой активизировал соленакопление уже по всему профилю, хотя и не до уровня классификационно значимых изменений. Ионно-солевой состав при орошении почв изменялся в зависимости от качества поливных вод. При поливе РВ содержание ионов уменьшилось, особенно Cl^- и Na^+ , однако при поливе СВ отмечено их накопление с поверхности, а также HCO_3^- .

Гумус В орошаемых почвах содержание гумуса достоверно уменьшилось. Потери гумуса составили 16% при поливе РВ и 24% - при поливе СВ, что обусловлено несколькими причинами: а) режимом орошения, т.е. поливом затоплением, что, вероятно, оказало негативное влияние в начальный период ирригации, когда проективное покрытие травостоя было разреженным; б) сокращением доли фракции мелкозема $<0,01\text{мм}$ ($\tau=0,74$); в) при щелочной реакции среды и наличии обменного натрия усиливаются процессы образования подвижных гумусовых веществ и при промывном водном режиме создаются условия для их миграции за пределы почвенного профиля; г) возрастанием количества водорастворимого гумуса; д) влиянием химического состава оросительных вод. Применение удобрений при поливе РВ несколько увеличило в почвах содержание гумуса, а при орошении СВ не снижало его количества по сравнению с контролем.

Состав гумуса при поливах сточной водой изменился в сторону фульватизации ($\text{C}_{\text{гк}}/\text{C}_{\text{фк}} < 1$) со слабой степенью гумификации и увеличением доли негидролизуемого остатка. Потеря гумусовых кислот произошла из-за усиления солонцеватости, т.е. насыщения почвенного раствора обменным натрием. В результате уменьшилось формирование ГК-2 и ФК-2 и активизировалось вымывание подвижных натриевых солей ГК и ФК из верхних горизонтов. Внесение удобрений при поливе СВ, улучшая пищевой и микробиологический режимы почв, способ-

ствовало повышению собственно гумусовых кислот, особенно ФК. По сравнению с одним поливом СВ на данном варианте произошло увеличение фракций ГК-3 и ФК-3, а также ГК-1 и ФК-1, а тип гумуса по абсолютным значениям практически не изменился по сравнению с контролем.

Структура, численность и биомасса микроорганизмов. Микробоценоз почвы (контроль) представлен бактериями (68%) и актиномицетами (32%) при крайне малом количестве грибов. Их численность подвержена значительным изменениям в зависимости от влагообеспеченности сезона. Однако спорообразующие бактерии стабильно составляли половину от их общего содержания.

При поливе РВ и удобрении произошла перестройка микробоценоза в сторону, увеличения количества бактерий и снижения относительного содержания актиномицетов и грибов. Отмечено уменьшение, особенно при удобрении, спорообразующих бактерий. Орошение СВ угнетающе воздействовало на развитие актиномицетов и грибов, а также нитрификаторов. Внесение минеральных удобрений при поливах СВ оказало положительное влияние на функционирование микробоценоза.

На контроле накопление биомассы микроорганизмов шло постепенно, увеличиваясь от мая к августу. Орошение и удобрение увеличивали биомассу микроорганизмов, повышали целлюлозолитическую активность.

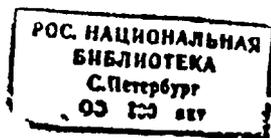
Свободные аминокислоты. Количество свободных аминокислот в гор. А неорошаемого варианта почвы было равным 22,4 мг/кг. Вниз по профилю почвы их количество уменьшалось относительно постепенно: в гор. АВ - в 1,5 в гор. В1 - в 2,6 раза по сравнению с гор. А. Орошение речной водой и внесение минеральных удобрений способствовало накоплению аминокислот в 1,2 и 1,4 раза по сравнению с контролем. В распределении свободных аминокислот по профилю почвы данных вариантов отмечено их приповерхностное концентрирование.

Использование сточной воды для орошения почвы привело к снижению образования свободных аминокислот по всему профилю. Внесение минеральных удобрений на варианте с поливом СВ несколько увеличило их содержание в гор. А, но оно не превышало контроль.

Между содержанием свободных аминокислот и гумуса выявлена прямая зависимость ($y=0,85x+0,15$) с уравнением $y=0,17x-0,18$, где y - количество гумуса, %; x - аминокислоты, мг/кг.

Компонентный состав свободных аминокислот неорошаемых и орошаемых аллювиальных луговых почв представлен 16 аминокислотами. Внесение минеральных удобрений, увеличивая их содержание, не изменило порядок расположения доминирующих аминокислот.

Динамика влажности и содержания подвижных питательных веществ определялись водно-температурными условиями вегетационного сезона, а также темпами восстановления деградированного пастбищного травостоя при новых



условиях его функционирования (сенокосное использование, орошение водами разного качества, применение минеральных удобрений).

Содержание нитратного азота в почве было значительно выше при поливе речной водой, чем сточной. Это обусловлено разным влиянием качества поливных вод на биологическую активность почв. В динамике содержания подвижного фосфора отмечены такие же закономерности, как и для минерального азота, т.е. существенное повышение количества подвижного фосфора на орошаемых вариантах с внесением минеральных удобрений. Полив сточной водой в первые два года орошения увеличивал содержание обменного калия, что связано с наличием небольшого количества калия в сточной воде.

Влияние орошения и удобрения аллювиальных луговых почв на химический состав грунтовых вод. Полученные результаты позволили сделать вывод об отсутствии негативного влияния при агромелиоративном воздействии на ионно-солевой состав и минерализацию грунтовых вод, содержание тяжелых металлов.

Биологическая продуктивность и емкость круговорота химических элементов в пойменных настоящих лугах и их изменение при внесении минеральных удобрений. Проективное покрытие настоящих лугов составляет 75-100%. Число видов в отдельных ценозах варьирует от 10 до 78. Ботанический состав лугов представлен (%): злаки - 25-67, бобовые - 4-10, осоки - 3-6 и разнотравье - 16-70. Несмотря на неоднородность экологического и эколого-ценотического состава сообществ подавляющая доля видов трав принадлежит эумезофитам и луговому комплексу, соответственно 66 и 50%. Влияние сухостепной зоны с окружающими ее светлохвойными лесами обуславливает наличие в травостоях видов лесного (16%) и степного (15,5%) комплексов. Наибольшее распространение и участие получили виды семейств злаковых, астровых, розоцветных, норичковых. В сообществах доминируют виды циркумполярного и азиатского типов ареала с корневищными корневыми системами.

Подземная масса сообществ настоящих лугов сконцентрирована, как правило, в слое почвы 0-10 см, 76-87% от ее общих запасов. Состав подземной фитомассы в слое 0-50 см представлен: крупные корни - 32-34%, средние - 14-15, мелкие - 41-44 и корневища 10%. Живые корни составляют 24%. Например, этот показатель для подземной массы пойменных лугов Окской поймы равен 4-11% (Куркин, 1987). Крупные корни гумифицированы на 50%, мелкие - на 89-95%.

Современное состояние биопродуктивности пойменных настоящих лугов с запасами сухой фитомассы 187-261 ц/га и с индексами 4-5 баллов оценивается как низкое и среднее. Запасы надземной фитомассы составляют 11-18% и подземной - 82-88%, а их соотношение равно 1:4,6-7,5, что свидетельствует об относительно благоприятных условиях произрастания сообществ.

Емкость круговорота азота и зольных элементов в ценозах настоящих лугов большая (1841-1934 кг/га и 9 баллов). Тип химизма круговорота - азотный или кремниевый с большим участием кальция.

Влияние минеральных удобрений на биопродуктивность и емкость круговорота химических элементов. Исследования проводили на разнотравно-полевохвощевом сообществе, произрастающем на луговой слоистой почве и на разнотравно-злаковым ценозе, расположенном на собственно луговой почве по схеме: 1 - контроль; 2 - N90P60K60. Использование лугов сенокосное. Ботанический состав первого сообщества (%): злаки - 25, бобовые - 5, осоки отсутствуют и разнотравье - 70; второго соответственно 50,10, 5 и 35.

По общим запасам сухой фитомассы сообщества на контроле оценены как среднепродуктивные (374,5 и 263,7 ц/га, 5 баллов). Распределение фитомассы по структурным ее частям было однотипное, в среднем надземная масса составляла 15-16% и подземная - 84-85% от общих запасов. Отношение надземной фитомассы к подземной было равным 1:5,3-5,8.

Внесение минеральных удобрений увеличило общие запасы фитомассы разнотравно-полевохвощевого сообщества в 1,5 раза и разнотравно-злакового - в 1,3 раза по сравнению с контролем, при этом индекс продуктивности повысился только для первого ценоза.

Накопление $C_{\text{орг}}$ фитомассой разнотравно-полевохвощевого сообщества равнялось 12,4 т/га, разнотравно-злакового - 10,3 т/га. На удобряемых вариантах его запасы возросли соответственно в 1,6 и 1,3 раза, а почвы ежегодно дополнительно обогащались 6,0 и 2,8 т/га $C_{\text{орг}}$.

Особенностью поглощения элементов надземной фитомассой было вхождение Fe в группу среднего и интенсивного накопления. Несмотря на разную степень подвижности кобальта в луговых почвах и различный ботанический состав травостоев, в ряду биологического поглощения надземной фитомассой он устойчиво относится к группе среднего захвата, что, вероятно, обусловлено избирательностью растений к накоплению этого элемента (табл. 6).

Сообщества пойменных настоящих лугов на контроле характеризовались большой емкостью круговорота - соответственно 2208 и 1663 кг/га (9 баллов). Тип химизма круговорота в первом сообществе - кальциевый с большим участием азота и кремния, во втором - азотный с большим участием K и Ca. Вынос химических элементов с отчуждаемой фитомассой был равен в разнотравно-полевохвощевом ценозе 485,6 кг/га, или 22%; в разнотравно-злаковом - соответственно 309,4 кг/га, или 19% от общего количества элементов.

Применение удобрений увеличило емкость круговорота в 1,4 раза по сравнению с контролем, при этом вынос элементов с отчуждаемой фитомассой возрос в 1,3 и 1,5 раза.

Запасы N, P и K - элементов, лимитирующих биопродуктивность, составили в разнотравно-полевохвощевом: N-17,5, P-4,5 и K-16,8% от емкости круговорота, в разнотравно-злаковом соответственно 26,5, 2,5 и 4,9; на удобренных вариантах: в первом - N-16,7, P-8,4, K-17,8, во втором - N-27, P-2,6, K-6,8%.

Таблица 6 Ряды коэффициентов биологического поглощения (Ах) в фитомассе сообществ пойменных настоящих лугов

Фитомасса	Группы элементов биологического поглощения		
	очень интенсивного накопления, Ах 10-100	среднего и интенсивного накопления, Ах 1-10	среднего захвата, Ах 0,1-1
Разнотравно-полевохвощевое			
Контроль			
Надземная	P	K>Cu>S>Ni>N>Ca>Zn>Mn>Mg>Fe	Si>Co>Na
Подземная	Fe>P>Ni>Cu>S	Mn>Ca>Zn>Na>N>K>Mg	Co>Si
N90P60K60			
Надземная	P>K	S>N>Ca>Cu>Mn>Ni>Mg=Fe>Zn	Si>Co>Na
Подземная	Fe>P>Cu>Ni>S	Mn>Ca>Zn>Na>K>N>Mg	Co>Si
Разнотравно-злаковое			
Контроль			
Надземная	P>S>N>N	Zn>Fe>Mn>Mg>K>Ca>Cu	Si>Na>Co
Подземная	Zn>S>Ni>P>Fe>Mn	N>Ca>Mg>Cu>Co	Na>K>Si
N90P60K60			
Надземная	P>S>N	Ni>Fe>Zn>K>Ca>Mn>Mg>Cu	Si>Na>Co
Подземная	S>Zn>Ni>P>Fe>Mn	N>Ca>Mg>Cu>Na>Co	K>Si

Влияние орошения и минеральных удобрений на биопродуктивность и емкость круговорота в нарушенных сообществах. До закладки опытов пойменный осоково-злаково-разнотравный луг использовался в качестве пастбища с нерегулируемым выпасом, что привело к выбиванию травостоя. Проективное покрытие его составляло всего 35-40%, т.е. было сильно нарушенным. Число видов - 40. Состав травостоя (% сухой массы): злаки - 36-46 бобовые - 4,5, осоковые - 9-16 и разнотравье - 41-54. Из-за значительной изреженности травостоя, даже при его сенокосном использовании, процессы восстановления были замедленными. Тем не менее, к концу опытов проективное покрытие на контроле составляло 52-55%, а в составе травостоя отмечено повышение относительного содержания бобовых и снижение осоковых, почти в 2 раза.

При орошении речной и сточной водами проективное покрытие повысилось до 72-75%, на удобряемых вариантах - до 100%. Сформировавшийся травостой состоял (%): 50-54 злаки, 9,5-11 бобовые, 2-5 осоковые и 33-35 разнотравье. Видовой состав травостоя представлен 21 семействами и 56 видами.

По запасам подземной и надземной фитомассы сообщество (контроль) оценено как малопродуктивное (142 ц/га сухой массы и,3 балла). Соотношение надземной фитомассы к подземной составляло 1:12,3, что свидетельствовало о нарушении функционирования ценоза. Обычно для этого типа лугов в регионе данный показатель равен 1:5-8.

Орошение, независимо от качества поливной воды, способствовало увеличению биопродуктивности травостоев в 1,2 раза по сравнению с контролем, а ин-

деке продуктивности повысился до 4 баллов. При этом надземная фитомасса возросла в 1,4 и подземная - в 1,2 раза. Несколько сузилось их соотношение. Отмечено повышение концентрирования подземной фитомассы в слое почвы 0-20 см.

Наиболее значительное влияние на накопление и распределение запасов сухой фитомассы трав оказало внесение минеральных удобрений. Биопродуктивность орошаемого речной водой ценоза при этом повысилось в 1,8 раза, сточной водой - в 1,6 раза по сравнению с контролем. Хотя разница между вариантами не была достоверной, при поливе речной водой и удобрении запасы фитомассы по абсолютным значениям отнесены к среднепродуктивным (5 баллов). Отношение надземной к подземной фитомассе приблизилось к ненарушенным фитоценозам настоящих лугов.

Изучение интенсивности и избирательности биологического поглощения травами азота и зольных элементов выявило следующее (табл. 7):

Таблица 7. Ряды коэффициентов биологического поглощения (A_x) в фитомассе трав пойменного настоящего луга

Фитомасса	Группы элементов биологического поглощения		
	очень интенсивного накопления, A _x 10-100	среднего и интенсивного накопления, A _x 1-10	среднего захвата, A _x 0,1-1
Контроль			
Надземная	P>Mg>S>N	Pb>Zn>Cu>Cd>K>Mn>Ca>Ni	Fe>Si>Co>Na
Подземная	P>N>Cu>Cd>Mg	Pb>S>Mn>Zn>Ni>Ca>Fe	Co>Na>K>Si
Полив речной водой			
Надземная	P>N>Cd>S>Zn>Mg	K>Pb>Ni>Mn>Cu>Ca	Fe>Si>Co>Na
Подземная	P>Cd>Cu>N>Mg>Pb	Mg>Ni>S>Zn>Ca>Fe>Co	Na>K>Si
Полив ПВ + N60P30K30			
Надземная	P>N>Mg>S>K	Cd>Cu>Zn>Pb>Mn>Ca>Ni	Fe>Si>Co>Na
Подземная	P>Cd>Cu>N>Mg>S>Mn	Pb>Ni>Zn>Ca>Fe>Co>Na>K	Si
Полив сточной водой			
Надземная	P>S>N>Mg>Zn	Cd>Pb>Ni>K>Cu>Mn>Ca	Fe>Co>Na>Si
Подземная	P>Cd>N>Mg>Cu>S>Pb	Mn>Ni>Zn>Ca>Na>Co>Fe>K	Si
Полив СВ + N60P30K30			
Надземная	P>N>Cd>Mg>S	Pb>K>Ni>Cu>Zn>Mn>Ca	Fe>Co>Na>Si
Подземная	P>Cd>Cu>N>S>Pb>Mg	Mn>Ni>Zn>Ca>Na>Co>Fe>K	Si

1) преобладание элементов интенсивного накопления свидетельствует об усиленном поглощении растениями из почвы азота и зольных элементов, что обусловлено непродолжительным вегетационным периодом;

2) независимо от вида агроメリоративного воздействия для надземной фитомассы пойменного ценоза характерно интенсивное накопление P, N, Mg, S и стабильный набор элементов среднего захвата - Fe, Si, Co, Na; для подземной фитомассы соответственно P, N, Si, Cd и Si;

3) орошение и удобрение способствовало усилению поглощения растениями микроэлементов и тяжелых металлов, в частности отмечено присутствие в группе очень интенсивного накопления в надземной фитомассе ценозов Cd, что крайне нежелательно и требует постоянного контроля за качеством трав.

Неорошаемый ценоз (контроль) характеризовался большой емкостью круговорота с индексом 8 баллов и 1268 кг/га. Вынос надземной фитомассой элементов было равным 68,3 кг/га или 5,4 % от общего их количества. Тип химизма круговорота - кальциевый.

Орошение, улучшая пищевой и микробиологический режимы в почве, способствовало большей усвояемости питательных веществ растениями. В результате этого накопление элементов возросло. Однако только при поливе СВ индекс емкости круговорота повысился до 9 баллов. Удобрение орошаемых ценозов увеличило емкость круговорота при поливе РВ в 1,5 раза и СВ - в 1,7 раза по сравнению с контролем, а с только орошаемыми вариантами - в 1,4 раза. Емкость круговорота элементов на удобряемых вариантах с показателями 1912 и 2120 кг/га и индексом 9 баллов - большая. Тип химизма круговорота на мелиорируемых вариантах был одинаков - азотный со значительным участием кремния и кальция.

Глава 6. Аллювиальные болотные почвы и биологическая продуктивность пойменных болотистых лугов

Болотистым лугам, расположенным в притеррасной части поймы и других ее понижениях на аллювиальных болотных почвах, принадлежит особое место в роли ландшафтно-биогеохимического барьера, регулирования почвенно-грунтовых вод в пойме и ее водного режима. В зоне сухих степей Забайкалья наиболее распространены безжилковоосоковые луга. В Удинской сухостепной подзоне их площадь составляет 13200 га (Ионычева и др., 1991), в Баргузинской - 18% от всей пойменной луговой растительности (Еременко, 1992).

Основные свойства, режимы и плодородие аллювиальных болотных почв. Изученные почвы (перегнойно-глеевые и лугово-болотные) характеризуются средне- и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом с резким его облегчением в гор. С, незасоленностью профиля, слабощелочными - слабокислыми значениями рН, большой емкостью обменных катионов в поверхностных горизонтах.

Гумус. Содержание гумуса в гор. А1 в перегнойно-глеевой почве среднее, 5,06%, а в лугово-болотной - высокое, 6,19%. С глубиной его количество резко снижается. Запасы гумуса в слое 0-20 см перегнойно-глеевой почвы составляли 130,5 т/га, в слое 0-50 см - 314,4 и в слое 0-100 см - 359,4 т/га; в лугово-болотной почве соответственно 99,0, 229,2 и 414,6 т/га. Тип гумуса в болотных почвах фульватно-гуматный, обогащенность его азотом высокая в перегнойно-глеевой и средняя в лугово-болотной. Степень гумификации высокая. Содержание фракции ГК-1 очень низкое и низкое, ГК-2 - низкое, ГК-3 и негидролизующего остатка - высокое.

Азот. Количество и запасы азота в болотных почвах относительно высокие. Состав азотистых соединений с доминированием резервных фракций не способствует подвижности органического азота, что обусловлено неблагоприятными гидротермическими и биологическими режимами в данных почвах. В слое 0-20 см перегнойно-глеевой почвы содержалось 225 кг/га минерального азота, в лугово-болотной - 167 кг/га. Однако накопление этих соединений в дерновых горизонтах значительно ниже, 23 и 37% от запасов минерального азота в слое 0-20 см.

Фосфор. В почвах, высоко обеспеченных валовым фосфором отмечена резко выраженная его биологическая аккумуляция. Запасы P_2O_5 составили в слое 0-20 см перегнойно-глеевой почвы - 7,9 т/га, в слое 0-50 см - 20,1 и в слое 0-100 см - 32,6 т/га; в лугово-болотной - соответственно 4,6, 12,2 и 25,3 т/га. Фосфор болотных почв на 65-68 % и 50-60 % соответственно представлен минеральными фосфатами, относительная доля которых возрастала с глубиной.

Калий. Количество и запасы калия (K_2O) в почвах очень большие, а его распределение по почвенному профилю относительно равномерное. Содержание силикатной формы калия составляло 97,1-99,5% от валового, доля же водорастворимой и обменной форм очень низкая, необменной - 0,4-2,6%.

Сера. Болотные почвы являются высокообеспеченными валовой серой, соответственно обладают и большими ее запасами. В составе серных соединений 91,6-99,7% от валового содержания принадлежало резервной или органической форме, 0,3-6,2% - минеральной. Обеспеченность подвижной серой лугово-болотной почвы низкая, перегнойно-глеевой - средняя.

Содержание Si, Fe, Ca, Mg, Na. Валовое содержание этих элементов по профилю почв изменяется незначительно. Так, в перегнойно-глеевой почве количество Si варьирует в пределах 30,3-31,2%, Fe-2,11-2,51, Ca - 2,32-2,69, Mg-2,07-2,46 и Na 2,07-2,85%. Это же характерно для содержания и распределения данных элементов и в лугово-болотной почве.

Микроэлементы. Количество валового Мп в гор. А1 было равным 265-415 мг/кг, Zn-54-75, Cu-15-19,9, Co-10,2-24 и Ni-14,3-17,7 мг/кг. Степень их подвижности высокая, за исключением Zn и Co в лугово-болотной почве.

Режимы влажности и подвижных элементов питания. Как правило, болотные почвы в весенний и раннелетний периоды находятся в состоянии избыточного переувлажнения из-за высокого стояния уровня грунтовых вод или их выхода на поверхность. С июля и до конца вегетационного сезона влажность почв приближается к оптимальной. Почвы низкообеспечены нитратным азотом и обменным калием, средне - подвижным фосфором. Внесение N90P60K60 повышало содержание подвижных питательных веществ в почвах на очень короткий срок.

Биологическая активность. В весенне-раннелетний период из-за избыточной влажности, недостатка почвенного воздуха и малой суммы биологически активных температур развитие микробиологических процессов в болотных поч-

вах заторможено. Наибольшая численность и биомасса микроорганизмов формируются в июле-августе. В структуре микробного ценоза доминируют бактерии 88-90%. Доля актиномицетов существенно ниже, 10-12% и грибов - 0,05-0,16%. Внесение минеральных удобрений незначительно повышало численность и биомассу микроорганизмов, в 1,1 раза по сравнению с контролем.

Максимальная целлюлозолитическая активность в болотных почвах также отмечена в середине июля - начале августа. Применение минеральных удобрений способствовало ее усилению. Протеолитическая активность этих почв низкая, как из-за неблагоприятных экологических факторов, так и, возможно, токсического влияния повышенного содержания подвижных форм некоторых микроэлементов. Известно; (Савинова и др., 2000), что большие концентрации подвижного Ni, а также и отрицательно влияют на активность почвенных протеолитических ферментов." Внесение минеральных удобрений несколько активизировало деятельность протеаз в начальный период вегетации, но в дальнейшем повышения их активности не отмечено.

Суммарное содержание *свободных аминокислот* в болотных почвах составляло в слое 0-10 см 35,0 мг/кг, в слое 10-20 см - 25,2 и в слое 20-30 см - 10,9 мг/кг. Удобрения незначительно повышали количество свободных аминокислот в почвах и практически не влияли на соотношение их разных групп.

Биологическая продуктивность и емкость круговорота химических элементов в пойменных болотистых лугах и их изменение при внесении минеральных удобрений. Проективное покрытие пойменных болотистых сенокосов составляет 90-100%, при пастбишном использовании может снижаться до 40-60%. Число видов в данных сообществах варьирует от 17 до 61. Травостой, как правило, формируют осоковые или злаки с большим участием осок. Осока безжилковая как доминант-эдификатор слагает основу всех сообществ безжилково-осоковых лугов. В то же время часть безжилковоосочников полидоминантна по составу. Наибольшее распространение в пойменных болотистых сообществах получили виды семейств осоковых, злаковых, астровых, бобовых, норичковых, лютиковых, розоцветных и гречишных. Выявлена доминирующая принадлежность видов к циркумполярному (55%) и евроазиатскому (20%) типам ареала. Для ценозов болотистых лугов характерно преобладание эумезофитов (54%), значительна также доля гигромезофитов (20,5%) и мезогигрофитов (15%). Видовой состав отличается эколого-ценотической неоднородностью: 65% - азональный комплекс, 20 - лесной и 10% - степной.

Для подземной фитомассы пойменных болотистых лугов, в отличие от других типов, характерно относительно постепенное ее уменьшение с глубиной. Тем не менее, 78-83% от запасов сухой подземной фитомассы сконцентрировано в слое почвы 0-20 см. Фракционный состав ее следующий (слой почвы 0-50 см): крупные корни-30-56%, средние-9-14, мелкие-30-49, корневища-5-7%. Доля

живых корней составляет 23-31% от всей подземной фитомассы. Крупные мертвые корни гумифицированы на 54-56%, мелкие - на 95-98%.

По запасам надземной и подземной фитомассы пойменные болотистые луга отнесены к среднепродуктивным с индексом 5-6 баллов. Несмотря на разный ботанический состав болотистых лугов, доля надземной фитомассы составляет 7-9%, подземной — 91-93% от общих запасов. Отношение надземной фитомассы к подземной также относительно постоянно 1:9,9-12,5.

Среди всех изученных сенокосов и пастбищ, расположенных в сухостепной зоне, болотистые луга характеризуются самыми высокими показателями биопродуктивности, в т.ч. и надземной фитомассы. Однако и они в значительной степени подвержены влиянию такого фактора, как влагообеспеченность вегетационного периода, что существенно отражается на формировании максимальной продуктивности надземной фитомассы. Наблюдения за динамикой ее нарастания выявили следующее: 1) для болотистых лугов характерно скачкообразное нарастание надземной фитомассы; 2) разница максимальной надземной фитомассы засушливого вегетационного сезона и влажного равна в среднем 1,5 раза.

Емкость круговорота химических элементов в пойменных болотистых лугах оценивается от большой до очень большой (2298-5589 кг/га), что соответствует 9-10 баллам. Тип химизма круговорота - кремниевый со значительным участием азота или кальция.

Влияние минеральных удобрений на биопродуктивность и емкость круговорота химических элементов. Полевые опыты проводили на двух сообществах пойменных болотистых лугов: разнотравно-безжилковоосоковым, произрастающим на болотной перегнойно-глеевой почве и лугомятликово-монгольско-полевищевом на лугово-болотной почве по схеме: 1 - контроль; 2 - N90P60K60.

Сообщества различались по содержанию и соотношению злаков и осок, доля которых в первом ценозе составляла соответственно 13 и 60%, во втором - 60 и 18%. Внесение удобрений изменило соотношение ботанических групп: возросла доля злаков и снизилось участие разнотравья и осок, а также бобовых.

Общие запасы сухой фитомассы в разнотравно-безжилковоосоковом сообществе в среднем за 3 года составили 448,6 ц/га и в лугомятликово-монгольскополевищевом - 649,4, что соответствовало 5 и 6 баллам и характеризовало их как среднепродуктивные. Основная доля в общих запасах приходилась на подземную фитомассу, 89 и 90%.

Внесение N90P60K60 увеличило общие запасы сухой фитомассы в 1,6 раза по сравнению с контролем. При этом надземная фитомасса разнотравно-безжилковоосокового сообщества возросла в 1,8 раза, а лугомятликово-монгольскополевищевая - в 1,5 раза. Доля ветоши снизилась на удобренном варианте в 2,9 раза. Применение удобрений способствовало усилению приповерхностной концентрации корней.

Накопление органического углерода ($C_{\text{орг}}$), составило в сообществах соответственно 18 и 25,7 т/га. Внесение удобрений повысило эти показатели в среднем в 1,6-1,7 раза, а болотные почвы ежегодно дополнительно обогащались $C_{\text{орг}}$ на 9,5 и 15,6 т/га.

Ряды интенсивности биологического поглощения азота и зольных элементов фитомассой сообществ болотистых лугов показали, что большинство химических элементов относится к группе среднего и интенсивного накопления (табл. 8). Внесение минеральных удобрений, улучшая пищевой режим, активизируя микробиологическую деятельность и изменяя соотношение ботанических групп в травостоях болотистых лугов, меняли и порядок биологического поглощения азота и зольных элементов.

Таблица 8. Ряды коэффициентов биологического поглощения (A_x) в фитомассе сообществ пойменных болотистых лугов

Фитомасса	Группы элементов биологического поглощения		
	очень интенсивного накопления, A_x 10-100	среднего и интенсивного накопления, A_x 1-10	среднего захвата, A_x 0,1-1
Разнотравно-безжилковоосоковое			
Контроль			
Надземная	Mn>P	S>Ni>K>N>Ca>Zn>Cu>Mg	Si>Co>Na>Fe
Подземная	Mn>P>Cu>Ni>S	Ca>Zn>N>Co>Fe>Mg>Na	K=Si
N90P60K60			
Надземная	Mn>P>S	K>N>Zn=Cu>Ca>Mg>Ni>Co	Si>Na>Fe
Подземная	Mn>P>Cu	S>Ni>N>Ca>Zn>Fe>Mg=Co>Na>K	Si
Луговомятликово-монгольскополевцевое			
Контроль			
Надземная	P	K>Zn>S>N>Ni>Co>Ca>Mn>Cu>Mg	Si>Na>Fe
Подземная	Mn>P>Zn	Co>S>Ni>Ca>N>Cu>Fe>Mg>K	Na>Si
N90P60K60			
Надземная	P	K>S>Zn>N>Mn>Ca>Ni>Co>Mg>Cu	Na>Si>Fe
Подземная	Mn>P>Co	Zn>Ni>Ca>S>N>Cu>Mg>Fe>K	Na>Si

Сообщества болотистых лугов характеризовались большой емкостью с индексом 9 баллов и показателями 3353 кг/га в разнотравно-безжилковоосоковом и 3904 кг/га в луговомятликово-монгольскополевцевом. Тип химизма круговорота - кремниевый с большим участием кальция и азота. Вынос элементов с отжуждаемой фитомассой составлял соответственно 7,6 и 9,9% от их общих запасов.

Емкость круговорота на удобренных вариантах возросла до 10 баллов (5418 и 6124 кг/га) и оценена как очень большая. Тип химизма круговорота в ценозе с преобладанием осоковых остался прежним, т.е. кремниевым а во втором - изменился на кальциевый с большим участием N и Si.

Глава 7. Комплексная оценка эффективности применения минеральных удобрений на неорошаемых и орошаемых сенокосах и пастбищах и рекомендуемые дозы их внесения

При оценке эффективности применения минеральных удобрений на сенокосах и пастбищах сухостепной зоны Забайкалья и установлении их оптимальных доз использовались следующие показатели: оплата 1 кг удобрений продукций (сеном, сухим веществом, кормовыми единицами), протеиновая и энергетическая питательность корма, класс качества сена, интенсивность баланса элементов питания и коэффициенты использования удобрений, определенные разностным методом.

Степные пастбища. Установлена высокая эффективность применения удобрений на травостой степных пастбищ (табл. 9). Однако оплата 1 кг удобрений сеном зависела от ботанического состава травостоев и почвенно-экологических условий их произрастания, и в первую очередь от влагообеспеченности вегетационного сезона. Сено с этих угодий оценено I классом качества.

Таблица 9. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и сбор питательных веществ с единицы площади степных пастбищ, среднее за 5 года

Вариант	Урожайность сена, ц/га	Прибавка, %	Оплата 1 кг удобрений сеном, кг	Сухое в-во	Сырой протеин	Переваримый протеин	Кормовые единицы	Обменная энергия, МДж
Лапчатково-злаковое								
Контроль	4,0	-	-	3,8	0,47	0,31	2,52	3438
N60P30K60S15	6,5	62,5	1,5	6,0	0,80	0,52	4,11	5536
Люцерново-кобыльное								
Контроль	18,0	-	-	16,8	3,28	2,33	13,00	16666
N60P30K60S15	35,3	96,1	10,5	32,5	7,02	5,07	25,77	32695
Кобыльно-разнотравное								
Контроль	35,0	-	-	32,6	4,57	3,08	22,83	30532
N60P30K60S15	56,2	60,6	12,8	52,1	8,54	5,84	38,55	50172

На 1 кг азота удобрений (совместно с PKS) дополнительно получено: 1) на лапчатково-злаковым пастбище - 3,7 кг сухого вещества, 0,55 кг сырого протеина, 0,35 кг переваримого протеина, 2,7 кормовых единиц и 35 МДж обменной энергии (ОЭ); 2) на люцерново-кобыльном пастбище - 26,2 кг сухого вещества, 6,2 кг сырого протеина и 4,6 кг переваримого, 21,3 кормовых единиц и 267 МДж ОЭ; 3) на кобыльно-разнотравном пастбище - 32,5 кг сухого вещества, 6,6 кг сырого и 4,6 кг переваримого протеина, 26,2 кормовых единиц и ОЭ - 327 МДж.

Рекомендуемые дозы минеральных удобрений для сообществ степных пастбищ и близких к ним по ботаническому составу ценозов могут составлять N30-90P15-30K30-90S5-15. При этом обязателен учет ботанического состава, проек-

тивного покрытия травостоев, обеспеченности усвояемыми питательными элементами почв и соблюдение пастбищеоборота.

Пойменные сенокосы и пастбища. Урожайность сена на болотистых лугах высокая, и внесение минеральных удобрений увеличивало ее на луговомятливо-во-монгольскополевищевом сенокосе в 1,5 раза, на разнотравно-безжилково-осоковом - в 1,8 раза. Сено по биохимическому составу оценивается I и II классами качества.

Применение минеральных удобрений повысило урожайность сена на настоящих лугах в 1,4 раза по сравнению с контролем, на остепненных - соответственно в 2,3 раза на разнотравно-полынном сенокосе и в 1,4 раза на твердовато-осоковом пастбище. Сено с этих угодий отнесено к I классу качества. На 1 кг внесенного азота удобрений (совместно с РК) дополнительно получено: 1) на болотистых лугах - 34-37 кг сухого вещества, 4,2-5,4 кг сырого протеина, 2,1-3,7 кг переваримого протеина, 9-28 кормовых единиц, 285-341 МДж ОЭ; 2) на настоящих лугах - 17-22 кг сухого вещества, 2,4-3,4 кг сырого протеина, 1,7-2,4 кг переваримого протеина, 14-15 кормовых единиц и 174-186 МДж ОЭ; 3) на остепненных лугах - 5-21 кг сухого вещества, 1-2,9 кг сырого протеина, 0,7-1,9 кг переваримого протеина, 4,4-15,5 кормовых единиц, 53-191 МДж обменной энергии.

Учитывая ботанический состав и обеспеченность аллювиальных почв обменным калием, рекомендуется внесение минеральных удобрений на пойменные луга в дозах N90P60K60-120.

При восстановлении нарушенных травостоев настоящих лугов агрономелиоративными средствами прибавка урожая трав (сено) в среднем за три года составила от орошения речной водой 26 %, сточной водой - 44 % (табл. 10). Применение удобрения на орошаемых ценозах увеличило урожайность трав в 1,9-2,0 раза по сравнению только с поливными вариантами.

Таблица 10. Продуктивность пойменных сенокосов и выход питательных веществ с единицы площади в зависимости от качества поливных вод и минеральных удобрений, среднее за 3 года

Вариант	Урожайность сена, ц/га	Прибавка к контролю, %	Оплата 1 кг удобрений сеном, кг	Сухое в-во	Сырой протеин	Переваримый протеин	Кормовые единицы	Обменная энергия, МДж/га
Контроль	8,5	-	-	7,9	0,93	0,64	6,21	7387
Полив РВ	10,7	26	-	9,9	1,36	1,01	7,92	9684
РВ+N60P30K30	20,7	144	8,3	19,0	2,36	1,66	12,83	18030
Полив СВ	12,2	44	-	11,3	1,61	1,18	8,66	11126
СВ+N60P30K30	24,2	185	10,0	22,1	2,88	2,13	16,46	21465

Коэффициенты использования минеральных удобрений зависели от качества поливной воды и составляли (%): 1) при поливе речной водой - N - 37,2; P₂O₅ - 33,7; K₂O - 70,7; 2) при поливе сточной водой - N - 50,8; P₂O₅ -, 37,3; K₂O 100. Использование калийных удобрений на орошаемых сточной водой травостоях более 100 % вызвано недостаточной дозой вносимого калия при усилившихся соленакоплении и осолонцевании в почве. Как известно, на засоленных почвах дозы калийных удобрений должны быть увеличены на 20-50 % по сравнению с незасоленными. Следовательно, в зависимости от качества поливных вод рекомендуемые дозы внесения удобрений на орошаемые пойменные сенокосы должны составлять N60P30K30-45.

Орошаемые сеяные сенокосы и пастбища При 3-х укосном использовании орошаемого люцернового сенокоса на каштановой почве сбор сухого вещества в среднем за 3 года составил 55,9 ц/га и кормовых единиц - 52,0 ц/га. При этом в одной кормовой единице содержалось 202 г переваримого протеина и 11 МДж обменной энергии.

Внесение минеральных удобрений значительно повышало урожайность, питательность и энергообеспеченность сена. На орошаемые сеяные люцерновые сенокосы на каштановых почвах при 3-х кратном использовании травостоя можно рекомендовать внесение N60-90P60K120-180S30 для получения 80-84 ц/га кормовых единиц с высокой протеиновой и энергетической питательностью и окупаемостью удобрений.

Продуктивность орошаемого сеяного одновидового (пырейник сибирский) злакового сенокоса на контроле составляла 26,0 ц/га сухого вещества и 18,7 ц/га кормовых единиц. Содержание переваримого протеина в одной кормовой единице было равным (в среднем за 3 года) 141 г и обменной энергии - 12,6 МДж. Сено по биохимическим показателям отнесено к 1 классу качества.

Рекомендуемые дозы минеральных удобрений, вносимых на орошаемый сеяный злаковый сенокос на каштановой почве, могут быть N120-180P60K120 S30. Данные дозы удобрений обеспечивают получение 46,8-52,6 ц/га кормовых единиц, с содержанием в одной кормовой единице 180-196 г переваримого протеина и 12,7-12,9 МДж обменной энергии.

Для создания высокопродуктивных сеяных злаковых пастбищ на орошаемых аллювиальных дерновых почвах с относительно низким естественным плодородием требуется повышенный запас основных питательных веществ, получить который можно только при ежегодном внесении удобрений. Повышенная потребность злаковых трав в питательных веществах обусловлена еще и тем, что часть их закрепляется в корневой системе.

При удобрении злаковых травостоев независимо от типа почв ведущая роль принадлежит азоту. В сухостепной зоне с коротким вегетационным периодом определяющее значение имеют не только величина вносимой дозы азота, но и кратность и сроки его внесения. Наибольшей продуктивности сеяных злаковых

пастбищ при их 2-3-х кратном использовании способствует применение 120 кг/га азота весной. Сбор сухого вещества при этой дозе азота (на фоне РК) достигает 49-53 ц/га и кормовых единиц - 38-41 ц/га. При увеличении кратности внесения азотных удобрений в условиях непродолжительного вегетационного сезона продуктивность трав, окупаемость 1 кг азота и КИУ уменьшаются.

Следует отметить, что одностороннее пастбищное использование сеяных злаковых травостоев довольно быстро истощает их, приводит к изреживанию и снижению продуктивности. Поэтому для сохранения продуктивного долголетия сеяных трав лучшим режимом использования является сенокосно-пастбищный. Таким образом, при рациональном режиме эксплуатации сеяных злаковых травостоев на аллювиальных дерновых остепняющихся почвах рекомендуется внесение минеральных удобрений в дозах N120P60K90-120.

Заключение

В почвенном покрове сухостепной зоны Забайкалья преобладают каштановые почвы и комплексы аллювиальных почв речных долин. Они характеризуются различным уровнем плодородия и продуктивности растительных сообществ и разной реакцией на агромелиоративное воздействие. Уровень биопродуктивности неорошаемых и орошаемых почв сенокосов и пастбищ и результаты полевых агрохимических опытов позволили сформулировать следующие выводы:

1. Каштановые почвы характеризуются укороченным профилем, легким гранулометрическим составом с разной степенью щебнистости, жестким режимом влажности в весенне-раннелетнее время, неблагоприятными водно-физическими, физико-химическими и агрохимическими свойствами, своеобразием структуры микробного комплекса и неравномерностью протекания биологических и биохимических процессов. Длительное орошение каштановых почв приводит к заметному перераспределению фракций гранулометрического состава, изменению количества в них гумуса и элементов, способствует подкислению почвенной среды, значительно повышает активность микробоценозов и накопление свободных аминокислот. Увеличивается содержание и запасы гумуса, азота, фосфора и других макро- и микроэлементов, возрастает доступность питательных веществ для растений. Применение умеренных доз азотных, фосфорных, калийных и серных удобрений на орошаемых почвах оказывает положительное влияние на ход микробиологического и пищевого режимов, содержание и соотношение соединений N, P, K и S в почвах.

2. Аллювиальным дерновым почвам пойменных ландшафтов сухостепной зоны свойственен легкий гранулометрический состав и незасоленность профиля. Как и в каштановых почвах, важнейшим лимитирующим фактором формирования их высокой биопродуктивности является влагообеспеченность, зависящая в основном от атмосферных осадков (грунтовая подпитка играет малую и кратковременную роль). По потенциальному плодородию аллювиальные дерновые поч-

вы имеют большое сходство с каштановыми почвами. Направление трансформации свойств, режимов, агрохимических параметров плодородия, микробиологических процессов, наблюдающихся в аллювиальных дерновых почвах при орошении, во многом идентично изменениям, происходящим в орошаемых каштановых почвах,

3. Аллювиальные луговые почвы функционируют в условиях, наиболее приближенных к оптимальным. Эти почвы характеризуются относительно большими запасами гумуса, азота, фосфора, калия, серы и других макроэлементов, но обеспеченность их подвижными питательными элементами невысокая. Максимальная биологическая активность в них отмечается лишь во второй половине вегетационного сезона.

Орошение аллювиальных луговых почв сточными водами вызывает изменение их свойств и режимов. Усиливается соленакопление в том числе и токсичных солей, осолонцевание, уменьшаются запасы гумуса и ухудшается его состав, происходит угнетение развития некоторых групп микроорганизмов и снижение образования свободных аминокислот. Применение минеральных удобрений на орошаемых почвах способствует устойчивости их гумусного состояния, улучшает пищевой режим, активизирует накопление микробной биомассы и свободных аминокислот.

4. В аллювиальных болотных почвах из-за неблагоприятных условий их функционирования в течение вегетационного сезона (избыточная увлажненность, недостаточная теплообеспеченность и слабая биологическая активность) накопления достаточного количества подвижных форм питательных веществ не происходит.

5. Для фитоценозов степных и пойменных сенокосов и пастбищ свойственно значительное флористическое, ареалогическое, экологическое и экологическое разнообразие. Однако наибольшее распространение получили виды семейств астровых, злаковых, розоцветных, осоковых. Степень проективного покрытия в значительной степени зависит от режима использования травостоев и почвенно-экологических условий произрастания фитоценозов.

6. Биопродуктивность сухостепных пастбищ на каштановых почвах существенно варьирует (от 95 до 210 ц/га сухой массы), но, в целом, оценена с 3-4 баллами как низкая. Эффективность минеральных удобрений на степных пастбищах определяется ботаническим составом фитоценозов и зависит от количества выпадающих осадков.

Сеяные одновидовые бобовые (люцерна) и злаковые (пырейник сибирский) сенокосы на орошаемых каштановых почвах по биопродуктивности оцениваются: люцерны - как высокие, а злакового сенокоса - средние. Общая закономерность внесения возрастающих доз азотных, фосфорных, калийных и серных удобрений под сеяные сенокосы проявлялась в повышении запасов надземной фитомассы и снижении - подземной. Наибольшее влияние на увеличение запасов

фитомассы люцернового сенокоса оказало применение возрастающих доз фосфорных удобрений (на фоне NKS), злакового сенокоса - внесение возрастающих доз азотных удобрений (на фоне PKS).

7. Современное состояние биопродуктивности пойменных остепненных сенокосов и пастбищ с показателями 139-208 ц/га сухой массы и индексами 3-4 балла характеризуется как низкое. Отличием орошаемых сеяных пастбищ из злаковых травосмесей на аллювиальных дерновых почвах по сравнению с одновидовым сеяным злаковым сенокосом на каштановых почвах является формирование больших запасов фитомассы за счет значительной доли корней. Биопродуктивность этих ценозов высокая (18 т/га и выше). Внесение азотных удобрений (на фоне РК) повышало долю надземной фитомассы и снижало подземную.

8. Биологическая продуктивность естественных сенокосов, относящихся к классу пойменных настоящих лугов на аллювиальных луговых почвах, с индексами 4-5 баллов оценивается как низкая и средняя. Запасы надземной фитомассы по долевому участию самые высокие среди всех типов лугов, что свидетельствует об относительно благоприятных условиях произрастания трав. Использование настоящих лугов под пастбища при ненормированном выпасе приводит к снижению биопродуктивности до 3 баллов, при этом соотношение ее составляющих расширяется. Применение агроメリоративных средств (орошение, удобрение) на нарушенных фитоценозах значительно ускоряет и повышает формирование их биопродуктивности, до 4-5 баллов.

9. По абсолютным значениям запасов надземной и подземной фитомассы пойменные болотистые луга превосходят все другие типы лугов сухостепной зоны, но их биопродуктивность определена как средняя. Отношение надземной фитомассы к подземной отличается относительно постоянной величиной 1:9,9-12,5. Уровень формирования максимальной надземной фитомассы этих лугов также подвержен влиянию влагообеспеченности вегетационного сезона. Минеральные удобрения как энергетический материал, усиливая биологическую активность и улучшая пищевой режим, увеличивают биопродуктивность фитоценозов.

10. Специфика структуры подземной фитомассы природных степных и пойменных растительных сообществ (фракционный состав, содержание живых корней), многократное превышение запасов подземной фитомассы над надземной, приповерхностная ее концентрация, обуславливают интенсивность биологического поглощения макро- и микроэлементов в системе почва-растение и формируют большую емкость круговорота (8-10 баллов). Тип химизма круговорота определяется ботаническим составом ценозов и почвенно-экологическими условиями их произрастания, но наиболее распространены кремниевый (с большим участием N и Ca) и азотный (с большим участием Si и Ca). На орошаемых сеяных сенокосах и пастбищах емкость круговорота также большая, а тип его химизма - азотный.

11. Для повышения продуктивности природных сенокосов и пастбищ и сохранения экологического равновесия в системе почва-растение при использовании минеральных удобрений обязателен учёт всех факторов и показателей почвенно-экологических условий, отзывчивость доминантов и содоминантов конкретного фитоценоза на уровень увеличения минерального питания. На орошаемых сеяных и естественных сенокосах и пастбищах из-за непродолжительности вегетационного сезона в сухостепной зоне, большой фильтрационной способности легких по гранулометрическому составу и зачастую скелетных почв и усиливающейся интенсивности вымывания питательных веществ из удобрений с увеличением размера их внесения применение высоких доз минеральных удобрений экологически, агрохимически и экономически нецелесообразно.

СПИСОК

основных работ, опубликованных по теме диссертации

Монографии

1. Меркушева М.Г. Удобрение многолетних трав и их продуктивность в Бурятии. - Улан-Удэ: БНЦ СО АН СССР, 1989. - 116 с.
2. Ecological Issues and Environmental Impact Assessment. - Houston: Gulf Publishing Company; 1997. - 802 p. (международ. коллектив авторов, в т.ч. и Меркушева М.Г.)
3. Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н., Убугунова В.И., Меркушева М.Г. Разнообразие почв Иволгинской котловины: эколого-агрохимические аспекты. - Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2000. - 208 с.
4. Убугунов Л.Л., Болонева Л.Н., Меркушева М.Г., Абашеева Н.Е. Эколого-агрохимические основы повышения аллювиальных луговых Почв. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2001. - 117 с.
5. Убугунов Л.Л., Будаев Б.Х., Меркушева М.Г. Оптимизация макроэлементного питания картофеля в условиях орошения. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2001. - 188с.
6. Абашеева Н.Е., Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Мангатаев Ц.Д. и др. Комплексные удобрения из природного и техногенного сырья Забайкалья. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2002. - 195 с.
7. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Гармаев С.Р. Биологический круговорот макро- и микроэлементов в пойменных ценозах Забайкалья. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. - 214 с.
8. Меркушева М.Г., Аюшина Т.А., Корсунов В.М., Абашеева Н.Е. Орошаемые аллювиальные луговые почвы Забайкалья: свойства, режимы и биопродуктивность. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. - 129 с.

Научные статьи

9. Миронов К.Д., Меркушева М.Г. Продуктивность и химический состав пастбищной травы и ветоши // Совершенствование с.-х. животных для промышленной технологии. - Иркутск, 1975/1976.-С. 58-63.
10. Меркушева М.Г. Продуктивность сеяных злаковых травостоев в зависимости от способов их использования // Пути повышения урожайности корм., зерн. и овощных культур в Вост. Сибири. - Иркутск, 1980. - С. 144-151.
11. Абашеева Н.Е., Чимитдо'ржиева Г.Д., Меркушева М.Г., Соболев С.Д. Содержание свободных аминокислот в почвах Забайкалья // Доклады ВАСХНИЛ.-1984.-№11.-С.10-11.

12. Меркушева М.Г. Эффективность минеральных удобрений на сеяных злаковых травостоях при орошении в сухостепной зоне Бурятской АССР // Растительные ресурсы Забайкалья и их использование. - Улан-Удэ, 1987. - С. 152-158.
13. Абашеева Н.Ё., Чимитдоржиева Г.Д., Меркушева М.Г., Соболеве С.Д. Аминокислоты в растительных остатках и почвах сухих степей Бурятской АССР // Известия СО АН СССР, 1987; Вып? 1. - С. 39-42.
14. Меркушева М.Г. Влияние азота удобрений на накопление корневой массы сеяного злакового травостоя // Научно-техн. бюлл. № 40. - Новосибирск, 1987. - С. 35-37.
- 15/Abasheeva N.E., Chimitdorzhieva G.D., Merkusheva M.G., Soboleev S.D. Free amino acid content in soils in Transbaikal Area // Soil and fertilizer. - 1987. - V.50. - N 7. - P.787.
16. Убугунов Л.Л., Меркушева М.Г., Бойков Т.Г. Основные принципы управления плодородием в сухостепной зоне // Почвенные ресурсы Забайкалья. - Новосибирск: Наука, 1989. - С. 141-149.
17. Чимитдоржиева Г.Д., Меркушева М.Г., Абашеева Н.Е. Аминокислотный состав растительности и почв Забайкалья // Агрохимия. - 1989. - № 1. - С. 87-92.
18. Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Меркушева М.Г. Содержание гумуса и азота в гранулометрических фракциях каштановых почв Западного Забайкалья // Почвоведение. — 1990. - № 1. - С. 80-86.
19. Убугунов Л.Л., Меркушева М.Г. Содержание и компонентный состав аминокислот в растениях пойменного луга в бассейне р. Селенги // Растительные ресурсы. - 1992. - Т. 28. - Вып. 1, - С. 118-121.
20. Харитонов Ю.Д., Бойков Т.Г., Меркушева М.Г., Аюшина Т.А. Влияние орошения очищенными, хозяйственно-бытовыми сточными водами на продуктивность и качество лугового фитоценоза в Забайкалье // Агрохимия. - 1993. - № 9. - С.55-60.
21. Убугунов Л.Л., Меркушева М.Г. Продуктивность и аминокислотный состав пойменных луговых, травостоев бассейна р. Селенги в зависимости от уровня азотного питания // Сиб. биолог. журнал. - 1993. - Вып. 5. - С. 73-79.
22. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л. Продуктивность, биохимический состав и кормовая ценность орошаемых сеяных злаковых травосмесей в бассейне р. Селенги в зависимости от минеральных удобрений // Агрохимия. - 1994. - № 9. - С.3-14.
23. Убугунов Л.Л., Меркушева М.Г., Убугунова В.И. Свойства и плодородие неорошаемых и орошаемых аллювиальных дерновых почв Забайкалья // Почвоведение, 1994. - № 1. - С. 81-87.
24. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л. Содержание и состав аминокислот в пойменных разнотравно-злаковых травостоях в зависимости от уровня минерального питания // Агрохимия. - 1995. - № 5. - С. 23-32.
25. Убугунова В.И., Убугунов Л.Л., Баатор Р., Меркушева М.Г. Водно-физические свойства и гидротермический режим аллювиальных дерновых почв Монголии // Почвоведение. - 1995. - № 10. - С. 1262-1270.
26. Ubugunov L.L., Merkusheva M.G., Doroshkevitch S.G. Flood - plain stepped meadows of the Lake Baikal basin and means of their productivity rising // Asian Ecosystems and Their Protections. - Ulaanbaatar, 1995. - P. 81-82.
27. Меркушева М.Г., Убугунова В.И., Убугунов Л.Л., и др. Биопродуктивность, содержание и накопление макро- и микроэлементов надземной и подземной фитомассой пойменных болотистых лугов в бассейне р. Селенги // Агрохимия. - 1996. - № 3. - С. 44-55.

28. Абашева Н.Е., Меркушева М.Г. Биологическая активность и плодородие аллювиальных почв при орошении сточными водами //Агрохимия. -1996. - № 10. - С.Ю9-121.
29. Меркушева М.Г., Убугунова В.И., Убугунов Л.Л. Биопродуктивность и накопление макро- и микроэлементов в надземной и подземной фитомассе пойменных настоящих лугов в бассейне р. Селенги // Агрохимия. -1996. - № 12. - С. 28-40.
30. Меркушева М.Г., Убугунова В.И., Убугунов Л.Л. Биопродуктивность, содержание и накопление макроэлементов в надземной и подземной фитомассе пойменных остепненных лугов в бассейне р.Селенги // Агрохимия. -1997. - № 1. - С. 28-35.
31. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л. Свободные аминокислоты в неорошаемых и орошаемых каштановых почвах Забайкалья //Агрохимия. - 1997. - № 2. - С. 31-36.
32. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Убугунова В.И. Биопродуктивность, содержание и накопление макроэлементов надземной и подземной фитомассой орошаемого сеяного злакового травостоя в бассейне р. Селенги в зависимости от минеральных удобрений // Агрохимия. - 1997. - № 3. - С. 44-52.
33. Меркушева М.Г., Убугунова В.И., Убугунов Л.Л., Баясгалан Д. Запасы, состав и распределение надземной и подземной фитомасс в пойменных фитоценозах в нижнем течении р. Орхон (Монголия)//Растительные ресурсы.-1998.-№ 1.-С. 120-131.
34. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Убугунова В.И. Содержание, запасы и состав гумуса в неорошаемых и орошаемых аллювиальных дерновых остепняющихся почвах Забайкалья // Агрохимия. - 1998. - № 2. - С. 13-20.
35. Убугунов Л.Л., Меркушева М.Г. Биохимический и минеральный состав растений - доминант пойменного разнотравно-злакового фитоценоза в зависимости от уровня азотного питания // Агрохимия. - 1999. - № 7. - С. 51-59.
36. Убугунов Л.Л., Меркушева М.Г., Убугунова В.И., Мангатаев Ц.Д. Содержание, запасы и фракционный состав соединений азота и фосфора в неорошаемых и орошаемых каштановых почвах Забайкалья //Агрохимия. -1999. - № 10. - С. 24-32.
37. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н. Биопродуктивность и химический состав надземной и подземной фитомассы растительности степных пастбищ Западного Забайкалья // Агрохимия. - 2000. -№ 12. - С. 36-44.
38. Абашева Н.Е., Меркушева М.Г., Аюшина Т.А. Свойства и плодородие орошаемых аллювиальных луговых почв в зависимости от качества поливных вод (Забайкалье) // Почвоведение. - 2001. -№ 3. - С. 348-357.
39. Убугунов Л.Л., Лаврентьева И.Н., Меркушева М.Г. Биологическая продуктивность и гумусное состояние почв Иволгинской котловины (Западное Забайкалье) // Почвоведение. -2001.-№5.-С.557-568.
40. Меркушева М.Г., Убугунов В.Л., Лаврентьева И.Н. Тяжелые металлы в почвах и фитомассе кормовых угодий Западного Забайкалья //Агрохимия. - 2001. - №8. - С. 63-72.
41. Меркушева М.Г., Гармаев С.Р. Убугунов В.Л., Цыренова Н.В. Макро- и микроэлементы в растительности пойменных лугов сухостепной зоны Забайкалья // Агрохимия. - 2002. -№5.-С. 55-62.
42. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Мангатаев Ц.Д. и др. Биологический круговорот основных элементов питания в фито- и агроценозах пойменных ландшафтов // Д.Н. Прянишников и развитие агрохимии в Сибири: Мат. науч. конф. по агрохимии. - Новосибирск, 2003.-С. 158-161.

43. Меркушева М.Г., Гармаев С.Р., Убугунов Л.Л. и др. Биопродуктивность и распределение химических элементов в растениях овса при применении минеральных удобрений на аллювиальной луговой почве Забайкалья // Агрохимия.— 2003. - № 5. - С. **13-18**.

44. Меркушева М.Г., Аюшина Т.А., Инешина Е.Г. Микробиологический режим аллювиальных луговых почв Забайкалья при орошении и удобрении // Агрохимия. - 2004. - № 3. - С. **5-13**.

Учебные пособия •

45. Основы применения удобрений в земледелии Бурятии. - Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2003. - 247 с. (коллектив авторов, в т.ч. **Меркушева М.Г.**).

46. Питание растений в криоаридных условиях Бурятии. - Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2004. - 210 с. (коллектив авторов, в т.ч. **Меркушева М.Г.**).

Рекомендации.

47. Меркушева М.Г., Малков В.П. Технология создания и использования сеяных травостоев в сухостепной зоне Бурятии (рекомендации). - Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1992. - 27 с.

Подписано в печать 24.08.2004 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная: Объем 2 печ. л. Тираж 100. Заказ № 145.

Отпечагапо в типографии Изд-ва БНЦ СО РАН,
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6.

04 - 15722