

На правах рукописи

Козлова Наталья Васильевна

**СОСТОЯНИЕ БУРЫХ ЛЕСНЫХ КИСЛЫХ ПОЧВ ЧАЙНЫХ
ПЛАНТАЦИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СУБТРОПИКАХ РОССИИ**

Специальность 03.00.27 - почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва - 2008

Работа выполнена в лаборатории агрохимии и почвоведения Государственного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур Российской академии сельскохозяйственных наук (г. Сочи)

Научный руководитель: кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Малюкова Людмила Степановна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Молчанов Эрик Николаевич

доктор биологических наук, профессор
Егоров Владимир Сергеевич

Ведущая организация: Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

Защита диссертации состоится 2 декабря 2008 г. в 15 ч. 30 мин. в аудитории М-2 на заседании диссертационного совета Д 501.001.57 при МГУ им. М.В.Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан 31 октября 2008 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба направлять по указанному адресу.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор биологических наук

_____ А.С. Никифорова

Актуальность. Вопросы генезиса, классификации, эволюции и деградации почв - фундаментальные проблемы почвоведения, решению которых посвящены исследования ученых на протяжении более 100 лет. Высокая чувствительность почв и почвенного покрова к антропогенному воздействию и недостаточность знаний для выработки адекватных мер борьбы с негативными явлениями определяют актуальность расширения и детализации изучения особенностей генезиса антропогенно-измененных почв различных зональных типов (Зонн, 1983; Ковда, 1985; Карпачевский, Соколов, 1993; Любимова, 1998; Блюм, 2001). В частности, как правило, серьезный агрогенный прессинг испытывают почвы, вовлеченные в сельскохозяйственное производство. При этом происходят изменения не только отдельных их свойств, но и направленности процесса почвообразования и, в конечном итоге, не только плодородия почв, но и их классификационной принадлежности (Вальков, 1977; Ливеровский и др., 1987; Кудеярова, Никитишин, 1988; Липкина, 1990; Козловский, 1991; Минеев, Ремпе, 1991; Вишнякова, 1996; Чижикова, 1992, 2002; Сорокина, 2006).

Важность такого рода исследований в субтропической зоне определяется уникальностью и ограниченностью экзотических для России растительного и почвенного покрова, а также тем, что, являясь популярной курортной зоной, Черноморское побережье сохраняет сельскохозяйственное производство. Важной отраслью здесь является чаеводство, использующее интенсивные технологии, оказывающие существенное влияние на почвы чайных плантаций, большую часть из которых составляют относительно молодые, способные к эволюции бурые лесные почвы.

Различным аспектам возделывания чая в субтропиках России, в том числе изучению вопросов повышения плодородия почв чайных плантаций и влияния системы возделывания чая на их основные свойства, посвящен большой круг работ разных лет (Галактионов, 1947; Герасимов, 1951; Бушин и др., 1971, 1975, 1985, 1994; Дараселия и др., 1989; Аргунова и др., 1990, 1992; Козин и др., 1992, 2007; Малюкова и др., 1997, 1999, 2007; Беседина, 2004). При достаточно детальной изученности показателей, характеризующих плодородие почв относительно культуры (кислотно-основных, агрофизических свойств, содержания макроэлементов и гумуса), значительно реже изучались вопросы, связанные с особенностями процессов почвообразования под монокультурой чая. В частности, практически не изучались в едином комплексе с другими такие консервативные показатели как элементный, гранулометрический, минералогический составы - важнейшие при диагностике генезиса почв. К тому же исследования в основном базировались либо на краткосрочных полевых экспериментах, либо на сравнительном изучении почв чайных плантаций и фоновых территорий без четкого учета агрогенных нагрузок, что не позволило установить влияние их уровня на динамику и направлен-

ность трансформационных процессов, максимально допустимый уровень и параметры экологической устойчивости почв.

Таким образом, актуальность комплексного исследования состояния бурых лесных почв чайных плантаций в условиях фиксированных количественных и качественных агрогенных нагрузок очевидна и представляет большой теоретический и практический интерес при решении проблемы соотношения плодородия и деградации почв.

Цель работы: Изучить состояние и особенности эволюции бурых лесных кислых почв субтропиков России в фазе длительного агрогенного воздействия. Выявить характер изменения основных свойств и режимов, комплекса элементарных почвенных процессов почв чайных плантаций в результате воздействия минеральных удобрений в разрезе временных изменений природных модельных объектов.

Задачи: 1. Изучить морфологические особенности почв чайной плантации, испытывающих различные уровни нагрузки минеральными удобрениями в сравнении с почвами естественного биоценоза (буково-грабового леса).

2. Определить в сезонной и многолетней динамике изменение кислотно-основных свойств бурых лесных кислых почв под влиянием длительного применения различных видов и доз минеральных удобрений.

3. Установить характер изменения гумусного состояния почв в результате 20-летнего экстенсивного и интенсивного возделывания чая.

4. Оценить характер изменения содержания основных химических элементов и их соединений в почвах при различных уровнях минерального питания.

5. Выявить особенности изменения гранулометрического состава почв чайной плантации, определить их основные причины и механизмы.

6. Определить минералогический состав тонкодисперсной фракции изучаемых почв и особенности его возможной трансформации при интенсивной системе возделывания культуры чая.

7. Изучить особенности агрогенного эволюционирования (характер изменения комплекса элементарных почвенных процессов (ЭПП) и общей направленности процесса почвообразования) бурых лесных кислых почв под монокультурой чая.

Научная новизна: Впервые для бурых лесных кислых почв субтропиков России проведен комплексный сравнительный анализ основных показателей, характеризующих их состояние при длительном возделывании монокультуры чая. На основе многолетних материалов, полученных на базе длительного полевого многофакторного опыта с удобрениями, выявлены направление и темпы изменения комплекса свойств почв и почвенных процессов, раскрыты взаимосвязи и механизмы этих изменений, что позволило дополнить теоретические представления об особенностях агрогенной эволюции почв.

Практическая значимость: Оценка масштаба и направленности изменений почвенного компонента агроэкосистемы чайной плантации, определение максимально допустимой нагрузки позволят усовершенствовать систему минерального питания чая и обосновать рациональное использование ограниченного фонда чаепригодных земель в единственной чаепроизводящей зоне России.

Апробация работы: Материалы исследований по теме диссертации докладывались и обсуждались в ходе отчетных сессий на заседаниях ученого совета и экспертно-методических групп ГНУ ВНИИЦ и СК Россельхозакадемии; на конференциях грантодержателей регионального конкурса РФФИ и администрации Краснодарского края «Юг России» «Вклад фундаментальных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края» (Агой, 2006, 2007), (грант № 06-04-96753); на международной научной конференции «Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие регионов юга России» (Сочи, 2007). По теме диссертации опубликована 21 работа, из которых 4 статьи в рецензируемых журналах.

Структура и объем диссертации: Диссертация изложена на 170 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения и выводов; содержит 13 рисунков, 11 таблиц, 2 приложения. Список использованной литературы включает 267 наименований, в том числе 17 на иностранных языках.

Автор глубоко признателен научному руководителю кбн, снс Л.С. Малюковой, а также дбн, профессору А.С. Владыченскому за ценные советы и консультации при разработке и выполнении программы работы, дбн, профессору Т.А. Соколовой за помощь при исследовании минералогического состава почв; благодарит сотрудников лаборатории агрохимии и почвоведения ГНУ ВНИИЦ и СК Россельхозакадемии за помощь в выполнении лабораторных и полевых исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Общие аспекты генезиса бурых лесных почв (буроземов) - обзор литературы

В главе представлен обзор основных исследований, посвященных особенностям генезиса буроземов: условия формирования и ареал распространения; ведущие профилеобразующие процессы (оглинивание, ожелезнение, слабое проявление или отсутствие оподзоливания); основные свойства; систематика и классификация (Прасолов, 1929, 1947; Антипов-Каратаев и Прасолов, 1932; Захаров, 1929, 1937, 1939; Виленский, 1947; Антипов-Каратаев,

1948; Зонн, 1950, 1966, 1974; Герасимов, 1948, 1951, 1960; Ромашкевич, 1959, 1974; Фридланд, 1953, 1958, 1964; Зонн и Урушадзе, 1974; Розанов, 1977; Вальков, 1977; Афанасьева и др., 1979; Пономарева, Плотникова, 1980; Ливеровский, 1987; Урушадзе, 1987; Нафталиев, Орлов, 1990; Владыченский, 1998; Добровольский, Урусевская, 2004; Геннадиев, Глазовская, 2005, Герасимова, 2007).

Глава 2. Экологические условия, определяющие особенности почвообразования и возможность возделывания чая на Черноморском побережье Краснодарского края

Климатические особенности района исследования (длительный период активного почвообразования, большое количество осадков) наряду с другими экологическими условиями (растительностью, геоморфологией и литологией) определяют широкое развитие здесь буроземообразования. При этом влажно-субтропические условия зоны позволяют успешно возделывать здесь ряд редких субтропических культур, в том числе и чай. Бурые лесные почвы, отвечают основным требованиям культуры чая и являются одними из лучших чаепригодных почв. Специфика культуры (формирование и отчуждение большого объема биомассы в течение всего периода вегетации; ее ацидо- и алюмофильность, кальциефобность) определяет необходимость применения высоких доз минеральных удобрений, в первую очередь физиологически кислых азотных (200-500 кг/га), при возделывании на исходно кислых почвах, исключая проведение приемов нейтрализации прогрессирующей кислотности. В связи с этим длительное возделывание монокультуры чая сопряжено с серьезным агрогенным прессингом почв.

Глава 3. Объекты и методы исследований

Район исследования расположен в прибрежной зоне Большого Сочи (п. Уч-Дере, ЗАО «Дагомысчай») на высоте 105 м над уровнем моря. Климат влажно-субтропический. Сравнительное изучение состояния бурых лесных кислых почв естественного ценоза и чайной плантации, сформированных на элюво-делювии кислых глинистых сланцев (аргиллитов), проведено на едином массиве площадью ~1,2 га, в средней части склона юго-западной экспозиции, крутизной 10-15°.

Состояние почв чайных плантаций при длительной их эксплуатации изучалось на базе полевого многофакторного опыта с удобрениями, заложенного в 1986 году на плантации чая сорта Колхида (1983 года закладки) по схеме - 1/4 (4x4x4) - выборки из полной схемы факториального опыта. Опыт содержит 16 вариантов различных сочетаний и доз минеральных удобрений

(NPK): 1-й блок: 000, 111, 220, 331, 202, 313, 022, 133; 2-й блок: 333, 222, 113, 002, 131, 020, 311, 200; повторность двукратная. Изучались 3 фактора: азотные, фосфорные и калийные удобрения в четырех градациях (0, 1, 2, 3 единичные дозы). Единичные дозы удобрений в период 1986-2007 гг. составляли по фосфору – 60 кг д.в./га, по калию – 50 кг д.в./га, по азоту изменялись по периодам и составляли: 1986–1988 гг. – 70 кг д.в./га; 1989-1992 гг. – 90 кг д.в./га; 1993-1999 гг. – 120 кг д.в./га; 2000-2007 гг. - 200 кг д.в./га. Размер опытных делянок - 50 м². Удобрения по схеме опыта вносили согласно методическим указаниям по технологии возделывания чая в субтропической зоне Краснодарского края (1977). Формы используемых удобрений: аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий. Перед закладкой плантации проведена плантажная вспашка почвы на глубину ~40-45 см, позднее механические обработки не проводились.

Бурая лесная кислая почва опытного участка перед закладкой опыта характеризовалась (для Апл): низким содержанием гумуса (2,5 - 3,2 % - по Тюрину); кислой реакцией среды (рН_{KCl} около 4,0); средней обеспеченностью легкогидролизуемым азотом (9,0-11,0 мг/100 г – по Тюрину), высокой - подвижными фосфором (32,0 - 38,0 мг/100 г - по Ониани) и калием (22,5-28,0 мг/100г - по Ониани). Обменная кислотность и содержание подвижного алюминия (по Соколову) составляли 3,5-4,7 мг-экв/100 г (31,5-42,3 мг/100 г); гидролитическая кислотность (по Каппену) - 16,9-17,8 мг-экв/100 г; сумма обменных кальция и магния – 13,9-15,8 мг-экв/100 г; степень насыщенности основаниями - 48-51 %.

Свойства почвы на момент закладки опыта приняты как ее исходное состояние и отправная точка для оценки изменений под культурой чая. В работе использовались данные ежегодных мониторинговых исследований начиная с 1986 года, как архивные лабораторные материалы, так и полученные с участием автора в период 2000-2007гг. Для детального изучения было выбрано несколько контрастных вариантов опыта: N0P0K0 (000), N0P120K0 (020), N0P0K100 (002), N(140-180-240-400)P0K0 (200), N(210-270-360-600)P180K150 (333), где образцы почв отбирали по почвенным горизонтам в разрезах, а также равномерно по площади делянки в 10-ти кратной повторности бурением послойно для глубин 0-20 и 20-40 см, и смешанные для глубин 40-60, 60-80, 80-100 см.

В качестве фонового был взят участок буково-грабового леса, непосредственно примыкающий к чайной плантации, где в разные годы заложена серия разрезов. Для обозначения горизонтов почвенных профилей использована индексация согласно Почвоведения/Под ред. Ковды, Розанова (1988), для плантажированного горизонта - А пл.

Исследования проведены по общепринятым стандартным методикам (Агрохимические методы исследования, 1975; Аринушкина, 1970; Практикум

по агрохимии, 2001). Определяли: азот (легкогидролизуемый, нитратный, аммиачный); подвижные фосфор и калий (по Ониани); другие формы калия - кислоторастворимый (по Пчелкину), обменный (по Масловой), легкодоступный ($0,005 \text{ н CaCl}_2$); показатели кислотности (использована терминология Воробьевой, Авдоськиной (2006): для гидролитической кислотности - общая потенциальная ($H_{\text{общ}}$), для обменной - обменная ($H_{\text{обм}}$), для разности между $H_{\text{общ}}$ и $H_{\text{обм}}$ - рН зависящая (необменная) кислотность ($H_{\text{рН}}$)); подвижный алюминий (по Соколову) и обменные Ca^{2+} , Mg^{2+} ; гумус (по Тюрину в модификации Орлова и Гриндель) и его фракционно-групповой состав (по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой); аморфное железо (по Тамму); подвижные полуторные оксиды (по Пономаревой); элементный состав почв и илстой фракции - на рентгенфлюоресцентном энергодисперсионном анализаторе TEFA 6111 фирмы ORTEC USA; гранулометрический состав (по Качинскому); коэффициент дифференциации профиля по содержанию ила (S) (Розанов, 1983); медианный (мд) диаметр частиц - по кумулятивным распределениям фракций (Градусов и др., 2002); минералогический состав илстой фракции - рентген-дифрактометрически на приборе ДРОН-3; выделение и подготовка илстой фракции - по модифицированной методике Айдиняна (Соколова и др., 2005). Статистическая обработка экспериментального материала проведена с использованием программ STATISTICA 6.0 и Excel 2000 (при $P=0,95$).

Глава 4. Основные свойства бурых лесных кислых почв и их изменение при длительном возделывании культуры чая

4.1. Морфологические особенности. Почвы чайной плантации интенсивно удобряемых вариантов опыта (с применением высоких доз азотных удобрений - 200 и 333), в отличие от относительно однородных профилей бурых лесных кислых почв фонового участка (буково-грабового леса) и других вариантов (000, 002, 020), имели более дифференцированный профиль с выраженным иллювиальным горизонтом $\text{Vm}(t)$, легким осветлением в верхней части профиля (гор. Апл и АВ) и снижением здесь количества железомарганцевых конкреций и примазок. Кроме того, отмечено образование толстого слоя грубой подстилки (6-10 см, местами до 15 см, массой 30-40 т/га сухого вещества), представленной слоями растительных остатков разной степени разложенности, что не характерно для условий субтропического почвообразования. Ее формирование вызвано поступлением большого объема материалов шпалерной подрезки (порядка 17-25 т/га в год), изменением условий их разложения и минерализации в результате снижения интенсивности биологических процессов на фоне повышения кислотности среды, изменения соотношения основных питательных элементов, иного химического

состава растительных остатков. Столь существенные морфологические отличия почв, отмеченные впервые в пределах опыта, свидетельствовали об изменении целого комплекса их исходных свойств и ЭПП в результате длительного интенсивного возделывания культуры чая.

4.2. Кислотно-основное состояние. Установлено, что минеральные удобрения, выполняя свою непосредственную задачу по обеспечению возделываемой культуры элементами питания, вызвали ряд негативных изменений, в первую очередь - существенное подкисление почвы. Достоверно установлено, что ведущая роль в этом процессе принадлежала физиологически кислым азотным удобрениям ($r = 0,53 - 0,86$; $R = 0,87 - 0,99$). Многолетняя динамика показателей кислотности, представленная на примере рН и общей потенциальной кислотности (рис. 1 и 2), показала, что заметный сдвиг реакции вызывали дозы азотных удобрений выше 240-270 кг д.в./га. Применение более низких доз даже в течение длительного времени не привело к существенным изменениям кислотности.

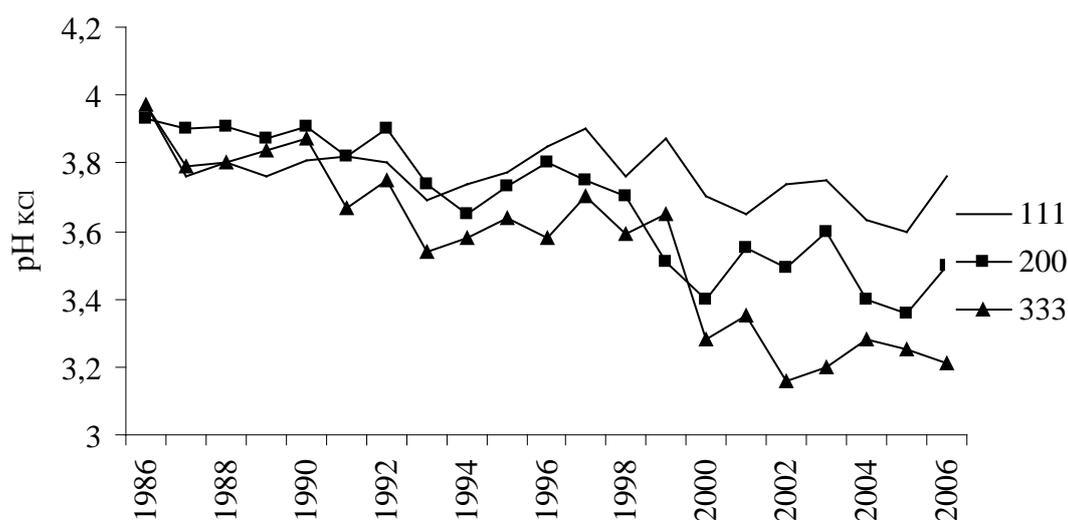


Рис. 1. Многолетняя динамика рН_{KCl} в горизонте Апл почв чайной плантации по вариантам опыта

Дозы азота выше 360-400 кг д.в./га вызывали резкое подкисление почв, однако их подкисляющее действие ослабляло внесение в сочетании с фосфорными и калийными удобрениями, что сдвигало установленный допустимый диапазон их применения до 360 кг д.в./га. Это наглядно демонстрирует сравнение вариантов 200 и 333, где при значительной разнице в дозах азотных удобрений достигнут примерно одинаковый уровень кислотности (рис. 2).

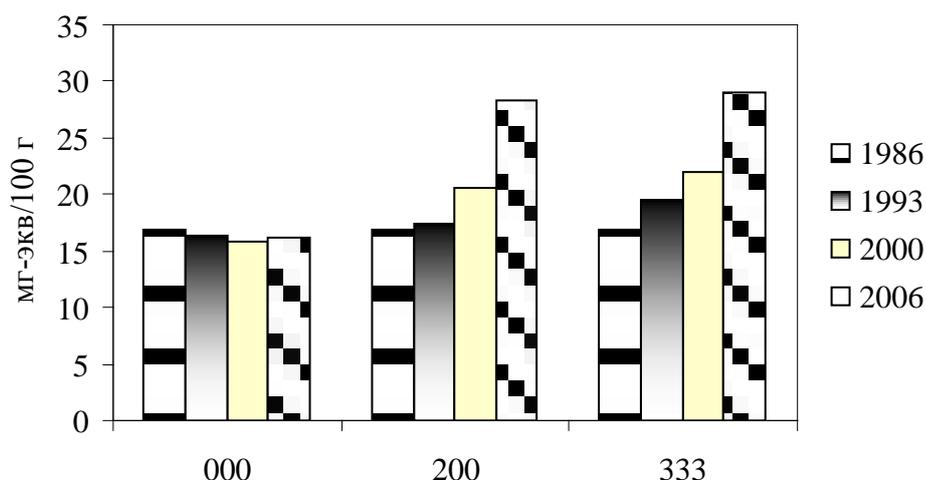


Рис. 2. Общая потенциальная кислотность почв по вариантам опыта на рубежах смены доз азотных удобрений (Апл)

Применение повышенных доз азотных удобрений (240-400 и 360-600 кг/га) вызвало достоверные изменения кислотно-основных свойств и состава ППК, наиболее существенные в слое 0-20 см (рис. 3, варианты 200 и 333): снижение pH_{KCl} на 0,4-0,7 единицы; рост в 1,5-2 раза всех видов кислотности ($H_{общ}$, $H_{обм}$, H_{pH}); вытеснение из ППК и выщелачивание ионов кальция и магния, содержание которых в сумме (S) снизилось более чем в 3 раза; снижение степени насыщенности почв основаниями с 51 до 13-18 %. Доля кальция и магния в общей сумме обменных катионов снизилась с 70 до 40-50 %, при соответствующем росте доли алюминия (определявшего на 97-99 % $H_{обм}$), которая стала преобладающей.

Рост кислотоопределяющих компонентов происходил в результате увеличения подвижности алюминия и его биогенного накопления, связанного с высоким содержанием элемента в золе растительных остатков чая (~28 %), а также за счет функциональных групп органических кислот (определявших H_{pH}) в связи с увеличением содержания гумуса ($r = 0,62$).

Изменения кислотно-основных свойств оказались столь существенными, что сопровождалась сменой профильного распределения всех показателей на противоположный исходному «лесному» типу, что не отмечалось десятью годами ранее (Малюкова, 1997). Для показателей кислотности возрастающий по профилю тип распределения сменился на убывающий, а для обменных катионов биогенно-аккумулятивное распределение сменилось на элювиальное.

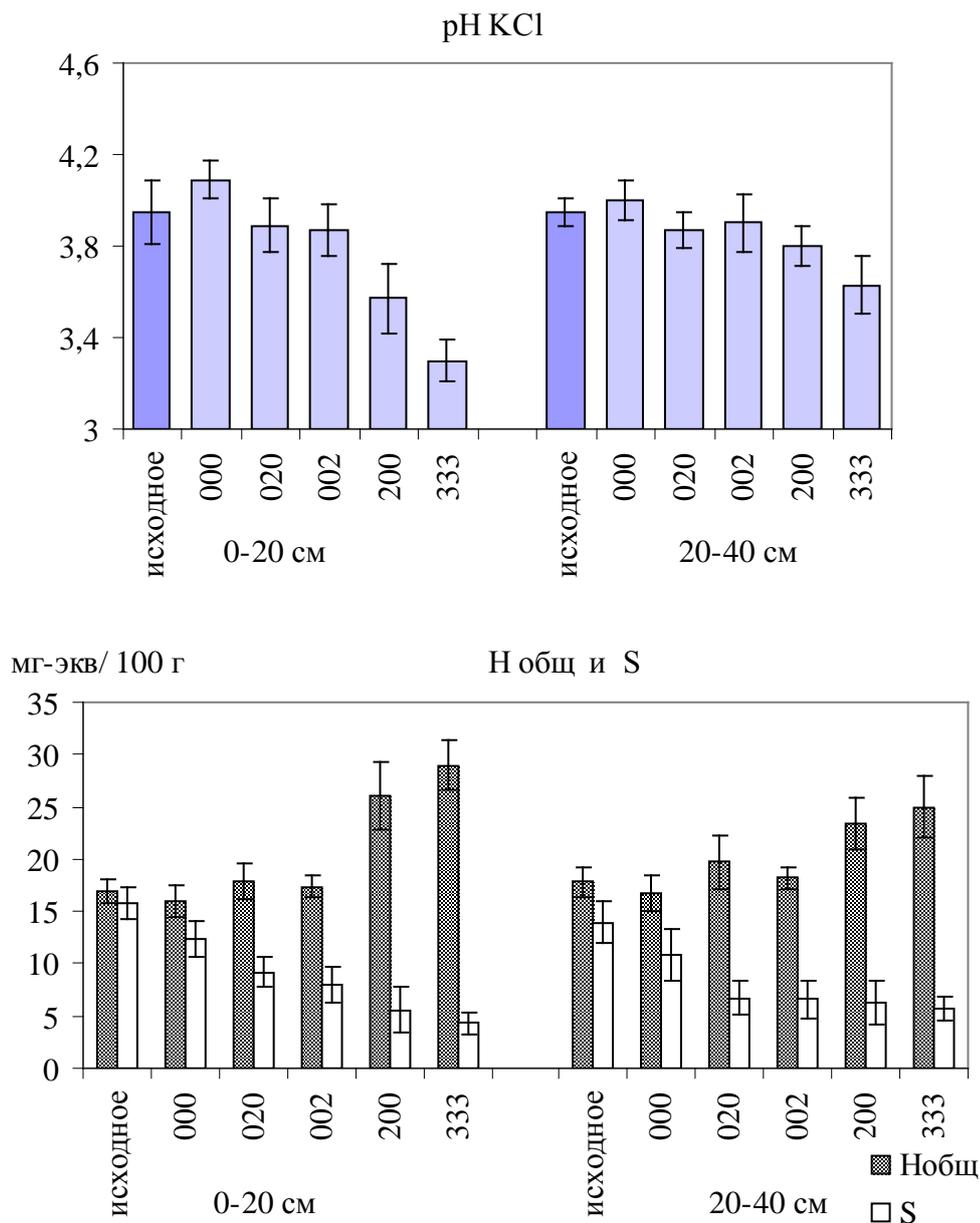


Рис. 3. Изменение кислотно-основных свойств бурых лесных кислых почв чайной плантации в результате длительного применения минеральных удобрений

Перечисленные изменения кислотно-основного состояния исследованных почв являлись благоприятными для культуры чая в связи с ее биологическими особенностями - установлена положительная корреляция между урожайностью чайной плантации и $H_{\text{общ}}$ ($r = 0,67$), $H_{\text{обм}}(Al)$ ($r = 0,60$); отрицательная с $pH_{\text{КСl}}$ ($r = - 0,82$) и S ($r = - 0,60$). Однако данные изменения привели к нарушению естественных механизмов, обеспечивающих равновесное состояние почв, и активизировали процессы их эволюционирования.

4.3. Гумусное состояние. Интенсивная система возделывания культуры чая оказала существенное воздействие на содержание, запасы и распределение гумуса в почвенном профиле, а также на его качественный состав. Внешение высоких доз минеральных удобрений, в первую очередь азотных, явилось основным фактором накопления гумуса в верхних горизонтах интенсивно удобряемых почв чайной плантации с высокой продуктивностью (70-77 ц/га), где установлен достоверный рост его содержания на 1,0-1,5% за 20-летний период (рис. 4). Это связано с прямым их воздействием – изменением условий гумусообразования и аккумуляцией азота почвой с включением в состав гумуса, а так же с косвенным воздействием - повышением биомассы растительных остатков. Установлена тесная корреляция содержания гумуса, как с дозами азотных удобрений ($r = 0,65$), так и с содержанием легкогидролизуемых форм азота в почве ($r = 0,71$).

Органофильный профиль вновь приобрел вид, свойственный лесным почвам (рис. 5 в), что также следовало бы отнести к положительным изменениям. Бимодальное профильное распределение гумуса может быть связано с опережающим компенсацию, интенсивным использованием питательных веществ мощными корневыми системами растений из слоя АВ, а также нисходящей миграцией вновь образующихся молодых мобильных гумусовых веществ, с последующим их закреплением в виде органоминеральных соединений в гор. Вм.

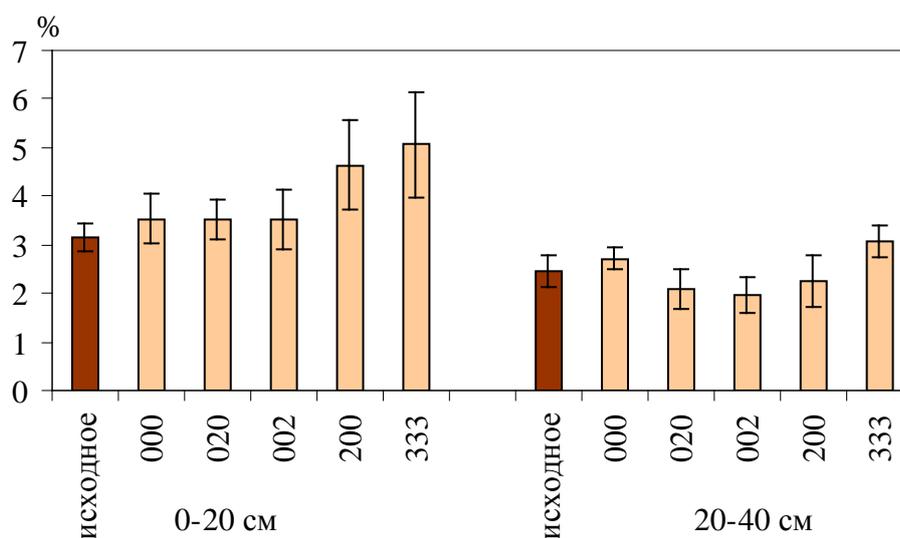


Рис. 4. Изменение содержания гумуса в почвах чайной плантации при различных уровнях минерального питания за 20 – летний период ведения опыта

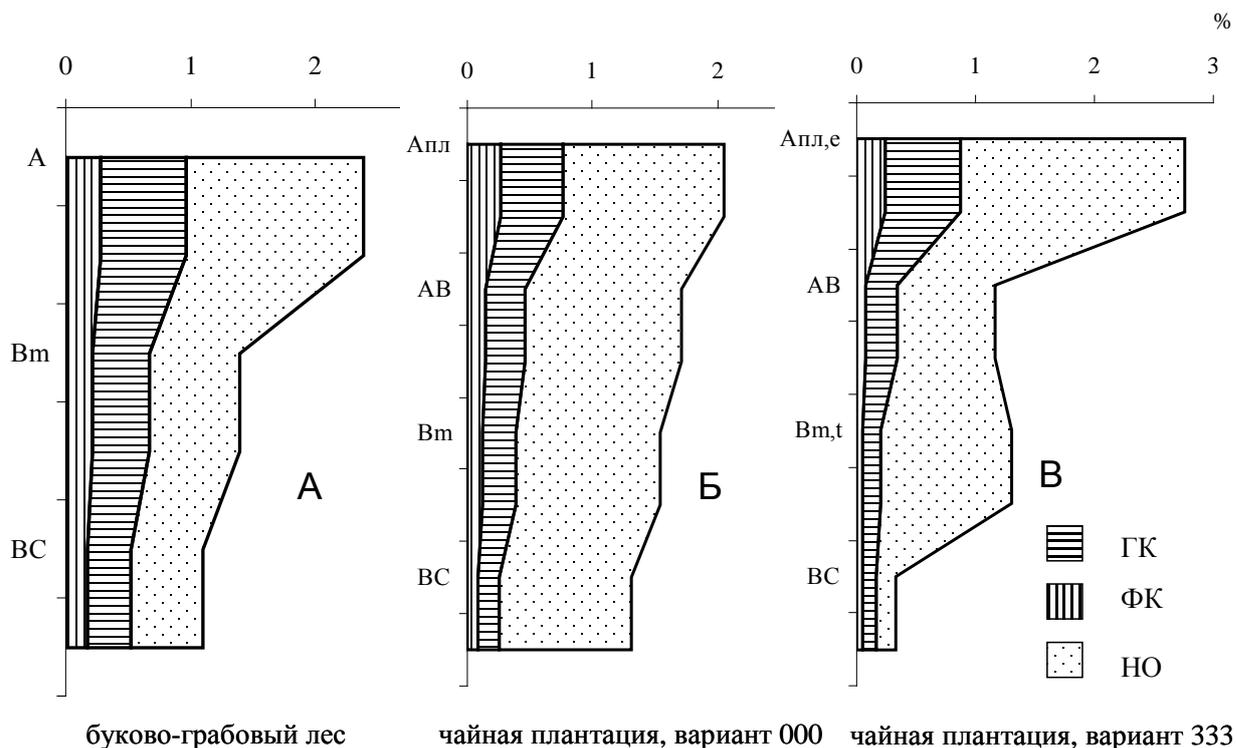


Рис. 5. Групповой состав бурой лесной кислой почвы (в % к почве):

При общем росте содержания гумуса установлено изменение его качественного состава (табл. 1а, б). Так его увеличение шло в первую очередь за счет роста доли гумина (на 10-20 %) и гумусовых кислот подвижных первых фракций (в первую очередь фульвокислот). При этом установлено: снижение доли гуминовых кислот (почти в 1,5 раза); рост фульватности гумуса; ослабление степени гумификации; снижение степени зрелости гуминовых кислот, что вызвано процессами новообразования гумуса и накоплением свежего слабогумифицированного материала. Значительно снизилась доля фракций, связанных с кальцием в составе гуминовых и фульвокислот (в 2-2,5 раза), что сопряжено с декальцинированием почв, которое усиливает незащищенность гумусовых веществ и является одной из основных причин деградации гумуса (Цуриков, 1986; Дедов и др., 2004; Орлов и др., 2005; Надежкин и др., 2006). Все это в целом характеризовало деградационный тренд гумусного состояния интенсивно удобряемых почв чайной плантации.

Для почв агроценозов с низкой продуктивностью (в среднем 17-34 ц/га - варианты без азотных удобрений: 000, 020, 002) характерно сохранение основных черт исходного гумусового состояния, при незначительной потере верхним слоем органического вещества в результате усиления его минерализации и механического перемешивания с нижележащими слоями почвы.

Таблица 1а. Групповой и фракционный состав исследованных почв, % к Собщ

| Горизонт глубина, см | ГК | ФК | ГК + ФК | НО | ГК 1 + ФК 1 | ГК 2 + ФК 2 | ГК 3 + ФК 3 |
|--------------------------------------|------|------|---------|------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Буково-грабовый лес | | | | | | | |
| А (6-27) | 11,6 | 29,1 | 40,7 | 59,3 | 11,7 | 9,6 | 14,3 |
| Вm (27-70) | 15,1 | 33,2 | 48,3 | 51,7 | 15,1 | 11,8 | 15,3 |
| ВС (70-105) | 15,7 | 31,6 | 47,4 | 52,6 | 16,3 | 9,3 | 15,3 |
| Чайная плантация, вариант 000 | | | | | | | |
| Апл. (7-30) | 12,8 | 24,1 | 36,9 | 62,9 | 12,9 | 7,3 | 12,2 |
| АВ (30-47) | 8,4 | 18,9 | 27,3 | 72,7 | 8,7 | 5,8 | 8,4 |
| Вm (47-66) | 7,6 | 17,5 | 25,1 | 74,8 | 7,5 | 5,2 | 8,7 |
| ВС (66-90) | 6,6 | 13,0 | 19,6 | 80,4 | 6,0 | 3,6 | 6,8 |
| Чайная плантация, вариант 333 | | | | | | | |
| Апл,е (8-27) | 8,8 | 22,8 | 31,7 | 68,3 | 15,7 | 3,6 | 7,9 |
| АВ (27-60) | 6,9 | 22,9 | 29,8 | 70,2 | 11,0 | 6,2 | 7,7 |
| Вm,t (60-90) | 4,1 | 11,1 | 15,2 | 84,8 | 4,8 | 3,3 | 4,2 |
| ВС (90-115) | 6,0 | 14,9 | 20,9 | 79,1 | 6,4 | 5,2 | 5,4 |

Таблица 1б. Показатели гумусного состояния

| Горизонт глубина, см | Сгк Сфк | Степень гумификац. органическ. вещества, % Сгк от Собщ | Содержание гуминовых кислот, % к сумме ГК | | | Оптическая плот- ность гуминовых кислот (ГК 1 + ГК 2) $E_{0,001\% \text{ Сгк}}^{430 \text{ нм}, 1 \text{ см}}$ |
|--------------------------------------|------------|--|---|---------------------------------|----------------------|--|
| | | | свободных | связанных с Ca^{2+} | прочно- связанных | |
| Буково-грабовый лес | | | | | | |
| А (6-27) | 0,40 | 11,6 | 41 | 14 | 45 | 0,041 |
| Вm (27-70) | 0,47 | 15,1 | 43 | 19 | 38 | 0,047 |
| ВС (70-105) | 0,50 | 15,7 | 49 | 12 | 39 | 0,048 |
| Чайная плантация, вариант 000 | | | | | | |
| Апл. (7-30) | 0,50 | 12,8 | 45 | 16 | 39 | 0,020 |
| АВ (30-47) | 0,40 | 8,4 | 27 | 30 | 43 | 0,012 |
| Вm (47-66) | 0,40 | 7,6 | 30 | 18 | 52 | 0,015 |
| ВС (66-90) | 0,51 | 6,6 | 35 | 23 | 42 | 0,013 |
| Чайная плантация, вариант 333 | | | | | | |
| Апл,е (8-27) | 0,39 | 8,8 | 61 | 6 | 33 | 0,022 |
| АВ (27-60) | 0,30 | 6,9 | 37 | 34 | 29 | 0,020 |
| Вm,t (60-90) | 0,37 | 4,1 | 56 | 15 | 29 | 0,013 |
| ВС (90-115) | 0,41 | 6,0 | 63 | 2 | 35 | 0,012 |

4.4. Содержание химических элементов и их соединений.

4.4.1. Основные элементы питания. Внесение минеральных удобрений в первую очередь отразилось на обеспеченности почв соответствующими элементами питания. Их баланс в почве определялся дозами удобрений, потребностью культуры, поглощением почвой, размерами потерь.

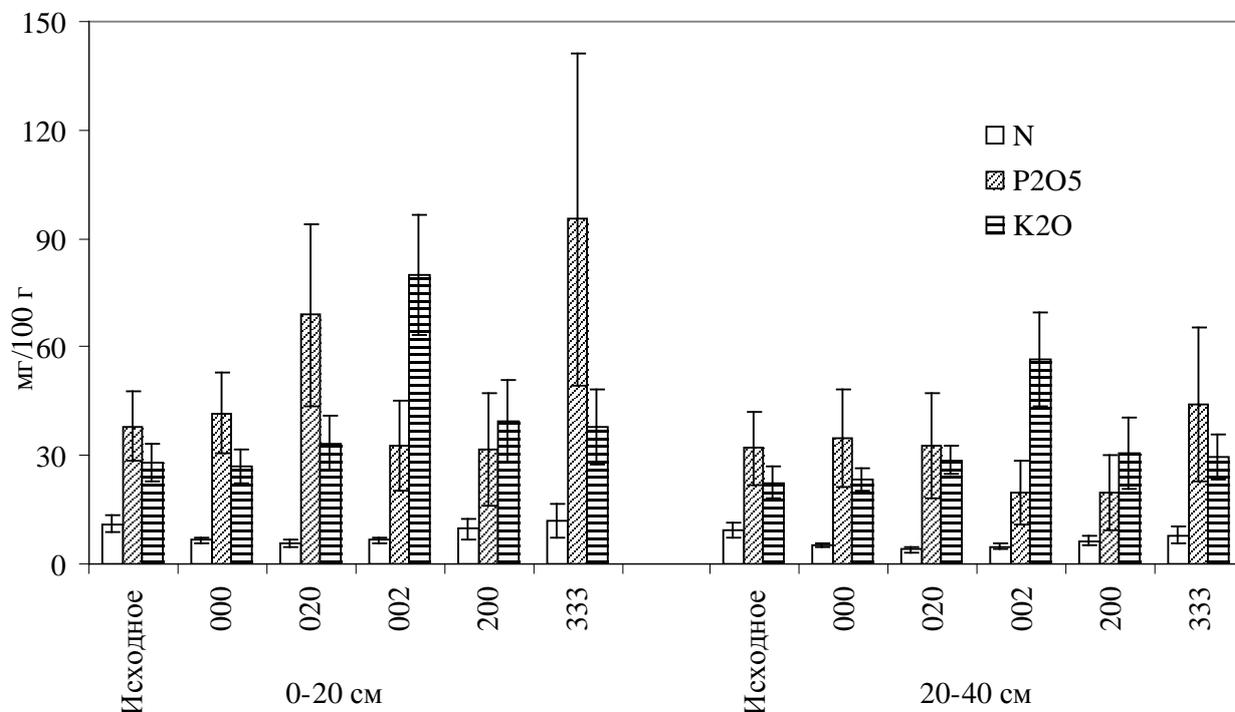


Рис. 6. Содержание основных питательных элементов в бурой лесной почве при разных уровнях минерального питания в предвегетационный период

Азотные удобрения играли доминирующую роль в формировании урожая чая ($r = 0,50 - 076$). Без их внесения урожайность не превышала в среднем 31-33 ц/га. Дозы азота 120-200 кг д.в./га (в сочетании с фосфорными и калийными удобрениями) повышали урожайность до 51 - 58 ц/га, а дозы 240-400 кг д.в./га - до 70-73 ц/га. Бездефицитный баланс азота в почве при исходном среднем уровне обеспеченности поддерживался двойными дозами азотных удобрений (возрастающими в ходе опыта от 140 до 400 кг/га). В отсутствии внешней компенсации потерь содержание элемента за 20-летний период сократилось вдвое (рис. 6).

Специфика фосфатного режима исследованных бурых лесных кислых почв чайной плантации связана с генетическими особенностями почв (кислых, богатых полуторными оксидами, глинистых), что определяет нахождение и интенсивное закрепление поступающих фосфатов в труднорастворимых соединениях, а также со способностью чайного растения их мобилизовать (Баджелидзе, 1957; Носов, 1973; Голетиани, 1976; Орлов и др., 2005). Достаточной для бездефицитного баланса фосфора в условиях интенсивного

возделывания культуры чая являлась доза 60 кг д.в./га. При этом существенного дефицита элемента не отмечено и в отсутствии удобрения, поскольку фосфор практически не теряется из почв. Дозы 120-180 кг д.в./га привели к избыточному увеличению содержания подвижного и валового фосфора в верхнем слое почв – зафосфачиванию (рис. 6, табл. 2).

Таблица 2. Валовое содержание фосфора в почвах контрастных вариантов опыта (P₂O₅, %)

| Варианты | 000 | 020 | 002 | 200 | 333 |
|----------|------|------|------|------|------|
| 0-20 см | 0,27 | 0,55 | 0,31 | 0,24 | 0,60 |
| 20-40 см | 0,24 | 0,30 | 0,22 | 0,26 | 0,32 |

Бездефицитный баланс калия на фоне интенсивного азотного питания обеспечивали дозы калийных удобрений 150 кг/га, поддерживая общую обеспеченность элементом на уровне контроля, судя по комплексу различных его форм (табл. 3).

Таблица 3. Содержание различных форм калия (мг/100 г) в бурых лесных кислых почвах чайной плантации

| Код Вариант | 000 N0 P0 K0 | 020 N0 P120 K0 | 002 N0 P0 K100 | 200 N400 P0 K0 | 333 N600P180K150 |
|---|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Валовое содержание (K ₂ O, %) | | | | | |
| 0 – 20 см | 1,46 | 1,42 | 1,59 | 1,41 | 1,52 |
| 20 – 40 см | 1,43 | 1,40 | 1,47 | 1,37 | 1,44 |
| Кислоторастворимый, по Пчелкину (2 н. HCl после 48 ч. настаивания) | | | | | |
| 0 – 20 см | 89,5 | 86,0 | 157,0 | 84,0 | 93,0 |
| 20 – 40 см | 82,0 | 79,0 | 118,5 | 76,5 | 90,0 |
| Необменный (кислоторастворимый – обменный по Масловой) | | | | | |
| 0 – 20 см | 50,4 | 43,6 | 63,8 | 38,3 | 47,8 |
| 20 – 40 см | 47,6 | 40,5 | 49,9 | 36,8 | 46,7 |
| Обменный, по Масловой (1 н. CH ₃ COONH ₄ вытяжка) | | | | | |
| 0 – 20 см | 39,1 | 42,4 | 93,2 | 45,7 | 45,2 |
| 20 – 40 см | 34,4 | 38,5 | 68,6 | 39,7 | 43,3 |
| Легкоподвижный (0,005 н. CaCl ₂ вытяжка) | | | | | |
| 0 – 20 см | 3,6 | 3,8 | 8,4 | 4,5 | 5,8 |
| 20 – 40 см | 3,0 | 3,7 | 7,1 | 4,0 | 5,2 |

Отсутствие компенсации потерь элемента при интенсивном возделывании чая (200) привело к заметному снижению содержания необменных его форм (на 25 % по сравнению с контролем). При этом содержание обменных и лег-

коподвижных форм поддерживалось на том же уровне и даже несколько возросло вследствие повышения мобильности элемента на фоне прогрессирующей кислотности почв, а также антагонистического характера взаимодействия ионов аммония и калия в ППК. Многолетнее применение только калийных удобрений в дозе 100 кг д.в./га, существенно превышающей потребности культуры (на фоне азотного голодания), привело к значительному обогащению почвы всеми формами калия (002) в результате его обменной и необменной фиксации. Содержание обменного калия в отсутствие других показателей калийного состояния почв не являлось адекватным отражением его действительных запасов, поскольку показывало практически одинаковый уровень обеспеченности на вариантах, как с дефицитным, так и бездефицитным балансом (рис. 6, табл. 3).

4.4.2. Валовый элементный состав. Элементный состав бурых лесных кислых почв унаследован от почвообразующей породы сиаллитной природы, с чем связана его относительная профильная однородность.

При длительном возделывании культуры чая сохранялась присущая буроземам однородность профильного распределения кремния, железа, алюминия, калия, а так же близкие значения мольных отношений основных оксидов в горизонтах профиля. Даже в наиболее трансформированном глинисто-дифференцированном профиле почвы варианта 333 колебания валового содержания кремния не превышало 1,1 %, алюминия – 0,6 %, железа – 0,7 %, калия – 0,1 %. При этом в верхних горизонтах интенсивно удобряемых почв произошло заметное снижение содержания кальция, железа и марганца в результате роста их растворимости и мобильности на фоне прогрессирующей кислотности почв и развития поверхностного оглеения; отмечен некоторый рост валового содержания алюминия в результате его биогенного накопления, а также рост содержания фосфора в результате длительного внесения фосфорных удобрений.

4.4.3. Железо. Железо и его соединения, играющие существенную роль в буроземообразовании, заслуживают отдельного внимания. Установлено, что в условиях прогрессирующей кислотности, роста фульватности гумуса, а также развития поверхностного оглеения, в почвах интенсивно удобряемых вариантов (200 и 333), значительно усилился процесс мобилизации и выноса железа в условиях периодически промывного водного режима. В верхних горизонтах снизилось валовое содержание железа, содержание аморфных форм и подвижных полуторных оксидов (табл. 4), что в меньшей степени отмечалось уже в 1993 году (Малюкова, 1997).

Поверхностное оглеение играло активную роль в росте подвижности и выноса железа в исследованных почвах, поскольку они обладают высокой,

иногда избыточной влажностью с формированием верховодки медленно фильтрующимися осадками. При этом плотная сомкнутость шпалер и наличие толстого слоя подстилки на интенсивно удобряемых вариантах (таких как 200 и 333) способствовали более длительному поддержанию высокой влажности и анаэробной остановки. Постепенное развитие водоупора в свою очередь способствовало еще более интенсивному развитию поверхностного оглеения.

Таблица 4. Содержание различных форм железа в исследованных почвах

| Горизонт, глубина, см | Валовое Fe, % | Аморфное по Тамму, Fe ₂ O ₃ мг/100 г | Подвижные полуторные оксиды | |
|-------------------------------|------------------|--|------------------------------------|---|
| | | | Fe ₂ O ₃ , % | % Fe ₂ O ₃ от R ₂ O ₃ |
| Буково-грабовый лес | | | | |
| ОА (0-6) | 5,05 | 400,0 | 1,45 | 49 |
| А (6-27) | 4,77 | 460,5 | 2,08 | 71 |
| Вm (27-70) | 4,31 | 346,6 | 1,84 | 70 |
| ВС (70-105) | 5,11 | 339,7 | 1,50 | 63 |
| Чайная плантация, вариант 000 | | | | |
| Ad (0-7) | 4,93 | 357,9 | 1,14 | 37 |
| Апл (7-30) | 4,47 | 380,4 | 1,40 | 53 |
| АВ (30-47) | 4,74 | 323,2 | 1,38 | 54 |
| Вm (47-66) | 4,53 | 346,4 | 1,12 | 45 |
| ВС (66-90) | 4,66 | 419,4 | 1,22 | 48 |
| Чайная плантация, вариант 333 | | | | |
| ОА (0-8) | 4,11 | 339,7 | 0,94 | 36 |
| Апл,e (8-27) | 4,07 | 381,3 | 1,14 | 40 |
| АВ (27-60) | 4,41 | 298,1 | 1,02 | 41 |
| Вm,t (60-90) | 4,53 | 216,6 | 0,90 | 44 |
| ВС (90 -110) | 4,80 | 225,3 | 0,94 | 46 |

Несбалансированный вынос несиликатного железа явился активным фактором деградации исследованных почв, эволюции их в сторону почв принципиально отличающихся от исходных. Морфологически это выразилось в легком осветлении почвы в верхней части профиля в результате снятия железистых пленок с минеральных частиц (отбеливания). Обеднение верхних горизонтов железом, наряду с выносом кальция и повышением кислотности, следует считать одной из причин дезагрегирования почв, диспергации мелкозема, повышения подвижности ила и усиления текстурной дифференциации профиля исследованных почв.

В целом признается полигенетическое происхождение глинисто-дифференцированных почв, обладающих светлыми горизонтами под действием поверхностного оглеения, лессиважа, оподзоливания. По мнению Ф.Р. Зайдельмана (1974, 1998, 2004, 2007), для формирования суглинистых и

глинистых почв со светлыми кислыми элювиальными горизонтами и глинисто-дифференцированным профилем глееобразование (в условиях застойно-промывного водного режима) является необходимым и достаточным фактором. По мнению С.В. Зонна и И.П. Герасимова (1966, 1971) поверхностное оглеение только сопутствующий процесс, возникающий в уже дифференцированном профиле). Процесс дифференциации профиля с формированием осветленного горизонта морфологически похожий на оподзоливание, формирующийся в результате сочетания сезонного переувлажнения и лессивирования, по И.П. Герасимову (1959, 1971) и С.В. Зонну (1966, 1971, 1974, 1982) правильнее выделять как псевдооподзоливание, не связанное в отличие от оподзоливания с разложением лесной подстилки и агрессивным действием иона водорода.

Признавая вклад глееобразования в выявленные изменения, в случае исследованных почв, все же их первопричиной следует считать существенное повышение кислотности почв под воздействием высоких доз физиологически кислых минеральных удобрений.

4.5. Гранулометрический состав. Прогрессирующее подкисление почв, потеря элементов-структурообразователей (кальция и железа), разрушение и снижение уровня образования зрелых компонентов гумуса (склеивающих агрегаты) при применении высоких доз азотных удобрений (варианты 200 и 333), привели к дезагрегированию верхнего слоя почв чайной плантации, разрушению пылеватых частиц и перераспределению почвенной массы во фракции меньшего размера. При этом рост дисперсности, пептизированности и подвижности тонких фракций привел к их выносу из верхнего слоя и усилению текстурной дифференциации почвенного профиля (рис. 7). Диагностировался так называемый агролессиваж или антропогенное элювиирование (по терминологии Козловского и др., 1996, Белоненко и др., 1996).

Коэффициент дифференциации профиля по содержанию ила (по Розанову) увеличился до 1,5 в отличие от близких к единице коэффициентов относительно однородных почвенных профилей других вариантов и фонового участка, что переводило данный профиль в группу среднедифференцированных. Различия между облегченным горизонтом Апл.е и утяжеленным (на одну градацию) Вm,t по содержанию физической глины и ила составили 11-15 %, что фиксировалось также по снижению значений мд-диаметров частиц вниз по профилю (с 0,0037-0,0048 до 0,0010 мм). Облегчение верхнего слоя почв данных вариантов достоверно доказано, снижение содержания физической глины по сравнению с контролем статистически значимо (табл. 5).

При сохранении относительной однородности профиля в почвах чайной плантации других вариантов (000, 020, 002) установлено оглинивание верхних горизонтов (рис. 7, табл. 5). Это связано с механическим разрушением

агрегатов; с включением более тяжелого материала нижележащего горизонта, а так же с дезагрегированием почвенной массы в результате усиленной минерализации органического вещества при введении почвы в сельскохозяйственное использование. Наиболее значительное утяжеление отмечено при применении калийных удобрений (002), где увеличение содержания физической глины и ила составило 12-16 % и было вызвано физико-химическим разрушением агрегатов под действием одновалентных катионов калия.

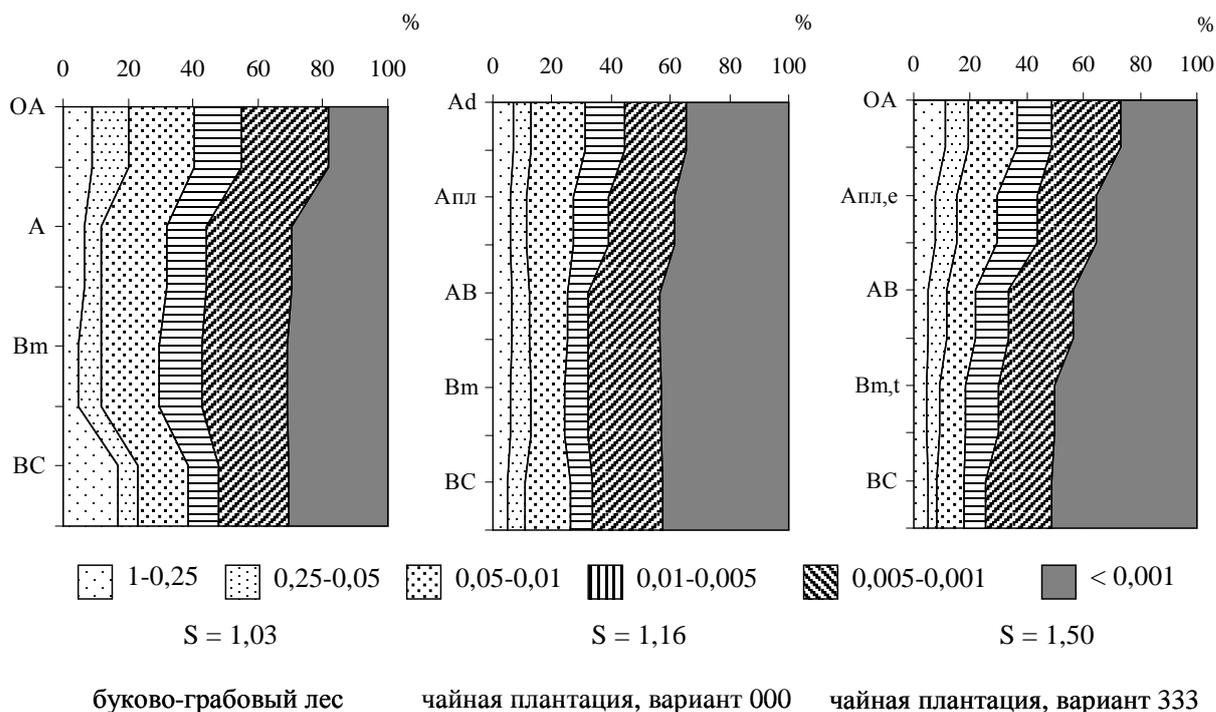


Рис. 7. Гранулометрический состав бурых лесных кислых почв

Таблица 5. Гранулометрический состав верхнего слоя (0-20см) почв чайной плантации контрастных вариантов опыта, %

| Вариант | Физический песок, > 0,01 | Физическая глина, < 0,01 |
|---------|--------------------------|--------------------------|
| Лес | 35,4 ± 4,0 | 64,6 ± 4,0 |
| 000 | 28,7 ± 0,5 | 71,3 ± 0,5 |
| 020 | 27,7 ± 2,3 | 72,3 ± 2,3 |
| 002 | 23,9 ± 3,6 | 76,1 ± 3,6 |
| 200 | 30,4 ± 1,6 | 69,6 ± 1,6 |
| 333 | 33,5 ± 1,9 | 66,5 ± 1,9 |

В таблице представлены средние показатели +/- стандартные отклонения при P=0,95 и n=10

4.6. Минералогический состав илистой фракции. Установлено, что минералогический состав илистой фракции исследованных почв слабо дифференцирован по профилю, как и элементный состав ила (и почвы в целом), что объясняется их унаследованностью от почвообразующей породы (табл. 6). Глинистые минералы преимущественно (более 80 %) представлены разбухающими минералами монтмориллонитовой группы (смесью монтмориллонита и смешаннослойного иллит-монтмориллонита), а также иллитом (ди- и триоктаэдрическим, плохо окристаллизованным). В незначительных количествах диагностированы хлоритизированные структуры (смешаннослойные минералы хлорит-монтмориллонитового состава). Отмечено большое количество тонкодисперсного кварца.

Таблица 6. Минералогический и элементный составы илистой фракции бурых лесных кислых почв чайной плантации

| Горизонт, глубина, См | Минералы | | | | | Элементный состав, % на прокаленную навеску | | | |
|-----------------------------|---|------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|---|------|------|------|
| | Количественная оценка, исходя из ва- лового содержания K ₂ O в илистой фрак- ции | | | Полу- количественная оценка | | Si | Al | Fe | Mg |
| | K ₂ O, % | Ил- лит | Лабиль- ные мине- ралы | Кварц | Хлорито- подобные структу- ры | | | | |
| Вариант 000 | | | | | | | | | |
| Ad (0-7) | 1,12 | 16,0 | 84,0 | +++ | ? | 33,91 | 7,89 | 4,41 | 0,48 |
| Апл (7-30) | 1,12 | 16,0 | 84,0 | +++ | + | 33,42 | 7,86 | 4,44 | 0,54 |
| АВ (30-47) | 1,05 | 15,0 | 85,0 | +++ | + | 33,39 | 7,84 | 4,63 | 0,50 |
| Вm (47-66) | 1,12 | 16,0 | 84,0 | +++ | - | 33,41 | 7,88 | 4,75 | 0,45 |
| BC (66-90) | 1,05 | 15,0 | 85,0 | +++ | ? | 33,63 | 7,34 | 5,07 | 0,54 |
| Вариант 333 | | | | | | | | | |
| ОА (0-8) | 1,33 | 19,0 | 81,0 | +++ | + | 33,58 | 7,80 | 4,54 | 0,38 |
| Апл,e (8-27) | 1,39 | 19,9 | 80,1 | +++ | ? | 33,85 | 7,96 | 4,63 | 0,43 |
| АВ (27-60) | 1,25 | 17,9 | 82,1 | +++ | - | 33,62 | 7,92 | 4,62 | 0,50 |
| Вm,t (60-90) | 1,45 | 20,7 | 79,3 | +++ | + | 33,70 | 8,13 | 4,31 | 0,39 |
| BC (90-115) | 1,39 | 19,9 | 80,1 | +++ | ? | 34,06 | 7,90 | 4,60 | 0,47 |

+++ - много, + - мало, - - минерал отсутствует, ? - минерал однозначно не диагностируется

В глинисто-дифференцированной почве интенсивно удобряемого варианта (333) выявлено незначительное снижение содержания (на 3-4 %) и ухудшение окристаллизованности разбухающих минералов, особенно заметное в

верхних горизонтах (по рентгенограммам препаратов, а также по снижению в валовом составе ила количества Mg – катиона, изоморфно замещающего алюминий в октаэдрических сетках монтмориллонита), а также накопление иллита. Это свидетельствовало о начавшемся процессе преимущественного разрушения и выноса минералов монтмориллонитовой группы, как наиболее тонкодисперсных и гидрофильных в результате существенного повышения кислотности среды, в сочетании с процессом иллитизации за счет внесения калия. Также здесь проявлялась частичная хлоритизация 2 : 1 силикатов, в результате повышенного содержания подвижного алюминия.

Полученные результаты полностью согласуются с концепцией Н.П. Чижиковой (1990, 1992, 1998, 2002), касающейся агрогенной эволюции глинистого материала в почвах при применении физиологически кислых удобрений, согласно которой кислотному воздействию в первую очередь подвержены смектиты и смешаннослойные минералы, а их селективное разрушение сопровождается усилением выноса пептизированной тонкодисперсной массы из пахотных горизонтов и усилением текстурной дифференциации профилей.

Сохранение относительной однородности минералогического и элементного составов илистой фракции и почвы в целом позволило заключить, что текстурная дифференциация профиля вызвана преимущественно лессиважем, активизировавшимся в результате разрушения микроагрегатов почвы (при ее существенном декальцинировании и обезжелезнении) и перехода тонкодисперсного материала в пептизированное состояние при снижении прочности связи компонентов ила, при некотором участии поверхностного оглеения, отбеливания и селективного подзолообразования. Процесс избирательного разрушения минералов илистой фракции в результате кислотного гидролиза являлся сопутствующим, но пока еще слабовыраженным. Его развитию способствовало образование толстого слоя подстилки, с наличием и процессами разложения которой обычно связывают типичное оподзоливание почв (Роде, 1937, 1964; Вильямс, 1947; Пономарева, 1964; Зонн, 1966, 1971).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Длительное интенсивное возделывание чая наряду с поддержанием или увеличением обеспеченности почв основными питательными элементами и ростом запасов органического вещества имело и целый ряд негативных последствий. Пусковым механизмом для них явилось существенное подкисление почв в результате внесения высоких доз физиологически кислых минеральных удобрений - в первую очередь азотных. Совокупность взаимосвязанных изменений целого комплекса исходных свойств исследованных бурых лесных кислых почв (кисотно-основного и гумусного состояния; со-

става ППК; гранулометрического, минералогического и элементного составов, морфологии), указывало на формирование в почвах чайной плантации нового комплекса ЭПП с преобладанием элювиальных процессов (лессиважа, отбеливания, псевдооглеения, оподзоливания) над метаморфическими, характерными для буроземообразования; эволюции их в направлении оподзоливания, в сторону почв принципиально отличающихся от буроземов, со сменой их классификационной принадлежности на уровне подтипа или даже типа (в зависимости от выбранной классификации). Данный этап агрогенной эволюции исследованных почв следует рассматривать как предподзолистую (псевдоподзолистую по Герасимову) стадию их развития. Интенсивная эксплуатация бурых лесных почв чайных плантаций, сохраняя направление естественной эволюции почв данного типа (от бурых лесных через псевдооподзоленные к оподзоленным и подзолистым), значительно ускорила ее темпы.

Сбалансированное применение удобрений не привело к заметным изменениям состояния бурых лесных кислых почв чайных плантаций, вызывая изменения лишь отдельных характеристик, касающихся в первую очередь уровня обеспеченности почв питательными элементами, и позволило сохранить равновесное состояние почв в рамках их генетической принадлежности.

ВЫВОДЫ

Изучение особенностей длительного (20-ти летнего) воздействия различных сочетаний и доз минеральных удобрений на состояние бурых лесных кислых почв чайной плантации позволило установить следующее:

1. Интенсивное возделывание культуры чая привело к существенному повышению кислотности исследованных почв (снижению pH_{KCl} на 0,4-0,7 единицы; росту в 1,5-2 раза общей потенциальной, обменной, pH-зависимой кислотностей), сопровождавшемуся снижением содержания обменных кальция и магния (более чем в 3 раза), их доли в общей сумме обменных катионов (с 70 до 40-50 %, при соответствующем росте доли алюминия) и степени насыщенности почв основаниями (с 51 до 13-18 %).

2. Ведущую роль в процессе ацидизации играли физиологически кислые азотные удобрения. Заметный сдвиг реакции вызывали дозы азотных удобрений выше 240-270 кг д.в./га, а дозы выше 360-400 кг д.в./га - резкое подкисление почвы. Подкисляющее действие азотных удобрений ослабляло внесение их в сочетании с фосфорными и калийными, что сдвигало допустимый диапазон их применения до 360 кг д.в./га.

3. В формировании общей потенциальной кислотности в верхних гумусированных горизонтах исследованных почв ведущую роль играла необмен-

ная (рН-зависимая) кислотность, обусловленная ростом органических компонентов. Рост кислотоопределяющих компонентов происходил также за счет алюминия, определявшего на 99 % обменную кислотность, в результате его биогенного накопления и повышения подвижности элемента.

4. Достоверный рост содержания гумуса (на 1-1,5 %) в верхнем слое почв вариантов с интенсивным азотным питанием, сопровождался ухудшением его качественного состава: ростом фульватности; ростом доли негидролизуемого остатка и гумусовых кислот (в первую очередь фульвокислот) первых фракций; снижением доли гуминовых кислот и ослаблением степени гумификации; значительным снижением доли фракций, связанных с кальцием. Это вызвано процессами новообразования гумуса, накоплением свежего слабогумифицированного материала и декальцинированием почв.

5. Элементный состав исследованных почв имел однородное профилное распределение кремния, железа, алюминия, калия, свойственное буроземам. При этом в верхних горизонтах интенсивно удобряемых почв чайной плантации отмечены: рост валового содержания алюминия в результате его биогенного накопления; снижение валового содержания кальция, железа (и его несиликатных (аморфных) соединений) и марганца в результате роста их растворимости и мобильности на фоне прогрессирующей кислотности почв и развития поверхностного оглеения, что, однако, пока не привело к их элювиально-иллювиальной дифференциации.

6. Интенсивное возделывание чая с применением высоких доз азотных удобрений, сопровождавшееся прогрессирующим подкислением почв, потерей элементов-структурообразователей (кальция и железа), ухудшением качественного состава гумуса, привело к усилению дифференциации почвенного профиля по гранулометрическому составу и переводу его в группу среднедифференцированных.

7. Минералогический состав илистой фракции исследованных почв относительно однороден по профилю и представлен преимущественно разбухающими минералами монтмориллонитовой группы и иллитом. При этом в глинисто-дифференцированной почве интенсивно удобряемого варианта выявлено незначительное снижение содержания и ухудшение окристаллизованности разбухающих минералов (особенно заметное в верхних горизонтах), а также накопление иллита, что свидетельствовало о начавшемся процессе преимущественного разрушения и выноса минералов монтмориллонитовой группы, в сочетании с процессом иллитизации.

8. Изменение условий почвообразования при применении высоких доз физиологически кислых азотных удобрений привело к усилению элювиальных процессов (лессиважа, псевдооглеения, отбеливания, оподзоливания). Сформировавшаяся на данном этапе почва (с глинисто - дифференцированным профилем, легким осветлением в верхней его части и толстым слоем

подстилки) классифицировалась как бурая лесная кислая грубогумусная оподзоленная (Классификация и диагностика почв, 1977) или псевдооподзоленная (по Герасимову и Зонну), а согласно Классификации и диагностике почв России (2004) как текстурно-метаморфическая (тип в отделе текстурно-дифференцированных почв).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В., Липова О.В.* Минеральные удобрения, как фактор экзогенной регуляции продуктивности агроценоза чайной плантации // Тез. докл. междунауч.-практ. конф. «Проблемы НИР и развития субтропического и южного садоводства в 2001-2005 г.г.». Сочи, 2001. С. 16-19

2. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Влияние абиотических факторов на урожайность чая сорта Колхида в субтропиках России // Мат-лы 4 Междунауч. симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». Москва, Изд-во РУДН, 2001. С. 242-245.

3. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Особенности оптимизации питательного режима бурых лесных кислых почв чайных плантаций в субтропиках России // Бюл. ВИАУ. № 117. 2003. С. 164-165.

4. *Козлова Н.В.* Влияние длительного применения минеральных удобрений на кислотность бурых лесных почв чайных плантаций // Бюл. ВИАУ, 2003, № 118, С. 123-125.

5. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Оценка состояния основных блок-компонентов агроэкосистемы чайной плантации на основе методов математического моделирования // Бюл. ВИАУ. № 119. 2003. С. 123-126.

6. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Роль биолого-экологического подхода при разработке системы минерального питания чая сорта Колхида // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Интеграция науки и производства в развитии субтропического растениеводства». Сочи, ВНИИЦ и СК. 2003. С. 15-23.

7. *Малюкова Л.С., Притула З.В., Липова О.В., Козлова Н.В.* Основные принципы разработки эффективной экологически сбалансированной системы минерального питания полновозрастных плантаций чая в условиях субтропиков России // Мат-лы науч.-практ. конф. «Субтропическое садоводство России и основные направления научного обеспечения его развития до 2010 года». Сочи, ГНУ ВНИИЦ и СК. 2004. С. 15-19.

8. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Сбалансированная система минерального питания как фактор создания устойчивых агроэкосистем на примере чая // Мат-лы междунауч. конф. «Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения». Краснодар, 2004. С. 395-404.

9. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Ландшафтно-экологический анализ агроэкосистем чайных плантаций субтропиков России // Мат-лы науч. конф. «Новации, повышающие эффективность производственных процессов в садоводстве, виноградарстве и виноделии». Краснодар, 2005. С. 263-270.

10. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Особенности влияния технологии возделывания культуры чая на кислотно-основные характеристики бурых лесных кислых почв субтропиков России // Мат-лы междунауч. науч.-практ. конф. «Роль почвы в сохранении устойчивости ландшафтов и ресурсосберегающее земледелие». Пенза, 2005, С. 202-204.

11. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Эффективность применения минеральных удобрений под чай в условиях длительного многофакторного полевого опыта // Мат-лы всерос. науч.-метод. конф. «Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями», Москва. 2006. С. 128-129.

12. *Козлова Н.В., Малюкова Л.С., Струкова Д.В.* Роль макро- и микроудобрений в стабилизации урожайности культуры чая в субтропиках России // Мат-лы науч. конф. «Проблемы повышения качества и стабилизации продуктивности в естественных и антропогенных экосистемах», Нальчик. 2006. С. 77-80.

13. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Особенности трансформации бурых лесных почв в фазе длительного антропогенного воздействия // Сб. тез. конф. грантодержателей регион.-го конкурса РФФИ и администрации Краснодарского края «Юг России» «Вклад фундаментальных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края», Краснодар. 2006. С. 150-152.

14. *Козлова Н.В., Малюкова Л.С.* Влияние длительного применения минеральных удобрений на кислотно-основное состояние бурых лесных кислых почв чайных плантаций субтропиков России // Агрохимия. 2007. № 9. С. 1-7.

15. *Владыченский А.С., Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Гумусное состояние бурых лесных кислых почв и его изменение при интенсивном возделывании культуры чая в условиях субтропической зоны РФ // Вестн. Моск. Ун-та. Серия Почвоведение. 2007. № 4. С. 10-16.

16. *Малюкова Л.С., Притула З.В., Козлова Н.В., Липова О.В.* Оптимизация доз минеральных удобрений на плантациях чая // Садоводство и виноградарство. 2007. № 1. С. 20-23.

17. *Рындин А.В., Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Результаты и перспективы агрохимических исследований в субтропической зоне России // Мат-лы регион. науч.-метод. совещ. ученых-агрохимиков Географической сети опытов с удобрениями Северного Кавказа «Состояние и перспективы развития агрохимических исследований в Северо-Кавказском регионе». Ставрополь-Москва, 2007, С. 86-96.

18. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В.* Результаты агроэкологического мониторинга состояния агроэкосистем чайных плантаций при различных уровнях минерального питания в условиях Черноморского побережья Краснодарского края // Мат-лы междун. конф. «Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие регионов юга России», Сочи. Изд-кий дом «Астраханский университет», 2007. С. 9-13.

19. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В., Струкова Д.В., Рогожина Е.В.* Некоторые механизмы реализации научных принципов создания устойчивых агроэкосистем в субтропическом земледелии // Сб. науч. трудов ГНУ ВНИИЦ и СК Россельхозакадемии. Вып. 40 «Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие агропромышленного комплекса». Сочи, 2007. С. 232-248.

20. *Малюкова Л.С., Козлова Н.В., Юткина И.В., Губарева А.А.* Параметры экологической устойчивости бурых лесных кислых почв чайных плантаций // Сб. тез. конф. грантодержателей регион-го конкурса РФФИ и администрации Краснодарского края «Юг России» «Вклад фундаментальных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края», Краснодар. 2007. С. 153-155.

21. *Малюкова Л.С., Рындин А.В., Козлова Н.В.* Особенности агрогенной трансформации бурых лесных кислых почв чайных плантаций // Вестник Россельхозакадемии. 2008, №. 4, С. 26-28.