

РГБ ОД

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ВЫСШЕМУ
ОБРАЗОВАНИЮ

ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

На правах рукописи

ЕК МОХАН БХАТТАРАЙ

УДК 628.37

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ
ВОД НА ЧАЙНЫХ ПЛАНТАЦИЯХ КРАСНОДАРСКОГО
КРАЯ

(06.01.04 - агрохимия)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва - 1993

Диссертация выполнена на кафедре почвоведения и агрохимии сельскохозяйственного факультета Российского университета дружбы народов. Полевые исследования проводились в Дагомьском чайном совхозе Краснодарского края.

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А.Г. Трецов

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор
М.М. Гукова

кандидат биологических наук, доцент
Н.Г. Ракипов

Ведущая организация – Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИАО)

Защита состоится 21 декабря 1993 г. в 14.30 на заседании специализированного совета К 053.22.18 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук в Российском университете дружбы народов по адресу: 113093, Москва, ул. Павловская, д. 8, корп. 5, ауд. 228.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Российского университета дружбы народов по адресу: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Автореферат разослан "4" декабря 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат биологических наук
доцент

 В.М. Малофеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Количество осадков сточных вод (ОСВ) быстро увеличивается в связи с ростом городов. Их скопление затрудняет работу очистительных станций, что создает угрозу загрязнения окружающей среды. В этой связи утилизация осадков должна проходить по линии подготовки их к использованию в качестве удобрения. В то же время осадки городских сточных вод имеют непостоянный химический состав, что связано не только с изменением состава бытовых отходов, но и от стоков промышленных предприятий. Последние более богаты тяжелыми металлами, а также органическими загрязнителями, состав и концентрация которых зависит от профиля производства. Состав ОСВ изменяется во времени, что связано с погодными и другими факторами. Все это затрудняет разработку рациональной системы удобрения осадками. Решение вопросов о дозах, сроках и способах применения ОСВ должно приниматься в каждом случае после установления их химического состава. Кроме того нужно учитывать и способы подготовки ОСВ, т.е. какие методы обезвреживания, химической обработки проводились до применения их в качестве удобрений. Определяя в ОСВ концентрацию питательных веществ (азота, фосфора, калия и др.), следует также вести постоянный контроль за содержанием тяжелых металлов, в особенности тех, которые являются более токсичными (кадмий, свинец, никель и др.) как для сельскохозяйственных растений, так и для человека и животных. Следует учитывать и то, что ОСВ часто содержат микроэлементы-биофилы и, если их содержание не превышает ПДК, они оказывают положительное влияние на метаболизм растений. Избыточное поступление их вредно, как и недостаточное содержание.

В настоящее время накоплен большой материал по эффективности применения органических удобрений, таких как навоз, торф, компосты, сидераты на чайных плантациях, но опыты с осадками сточных вод не проводились. Не определены оптимальные дозы, сроки и способы их применения, действие их на урожай и качество чая.

Цель и задачи исследований. Для установления эффективности ОСВ на чайной плантации, вносимых отдельно и совместно с минеральными удобрениями, были поставлены следующие задачи:

1. Установить влияние удобрений на агрохимические свойства бурой лесной почвы.

2. Изучить динамику содержания основных элементов питания в почве и в чайных растениях.

3. Определить содержание тяжелых металлов в почве и чайных флешах.

4. Выявить действие ОСВ на продуктивность чайного куста (урожайность, качество чайного листа).

Научная новизна результатов исследований. Установлены оптимальные дозы ОСВ, выявлено действие их на урожайность чайной плантации и содержание во флешах танина и экстрактивных веществ. Проведен контроль за содержанием тяжелых металлов в бурой лесной почве и чайных растениях.

Практическая ценность работы. Исследования в полевых условиях позволили установить наиболее оптимальный режим питания полновозрастных чайных растений и дать практические рекомендации чайному совхозу по дозам, срокам внесения ОСВ в сочетании с минеральными удобрениями.

Апробация работы. Основные результаты исследований были доложены на научной конференции сельскохозяйственного факультета Российского УДН в 1991 и 1992 гг. Опубликована одна статья в сборнике трудов РУДН (1992 г.).

Объем работы. Диссертация изложена на 446 страницах машинописного текста и состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, результатов исследований, выводов, рекомендации производству, приложения, списка использованной литературы (188 авторов, в том числе 47 иностранных).

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 1990–1992 гг. в Дагомысском чайном совхозе Краснодарского края на бурой лесной почве. С целью изучения динамики содержания элементов питания и тяжелых металлов как в почве, так и в чайных растениях и влияния различных доз и сроков внесения осадков городских сточных вод на продуктивность чайных растений был заложен 3-х летний полевой опыт на производственной плантации (возраст около 40 лет) с

чайной культурой. В сортовом отношении плантация представлена китайской гибридной популяцией (Кимьнь), хорошо акклиматизировавшейся в данной зоне.

Почва характеризовалась следующими величинами агрохимических показателей: гумус 4,8%; pH_{KCl} 3,4; сумма поглощенных катионов 6,1 мг-экв/100 г; N_T 8,6 мг-экв/100 г; общий азот 0,25%, подвижный фосфор 29,8 мг/100 г P_2O_5 , обменный калий 37,3 мг/100 г K_2O .

Погодные условия в годы исследований незначительно отличались от среднеголетних показателей. По осадкам можно выделить январь 1990 и 1992 гг., когда их количество превышало средние величины (179 мм). Несколько больше осадков было в эти годы в мае, июле, августе и сентябре. Температура воздуха в августе и сентябре 1992 г. превышала среднеголетние на 4–5°C. Данные по относительной влажности воздуха были близки к среднеголетним.

Были проведены анализы почвы: гумус по Тюрину, общий азот по Кьельдалю, pH потенциметрически, гидролитическую кислотность с помощью ацетата натрия, подвижный фосфор и обменный калий по Ониани, кальций и магний по Гедройцу с применением трилона Б, емкость поглощения катионов по Каппену, аммонийный азот колориметрически с реактивом Неслера, нитратный азот колориметрически с дисульфифеноловой кислотой, легкогидролизуемый азот по Тюрину-Кононовой. Определение тяжелых металлов в почве, осадках сточных вод и растениях проводилось в лаборатории ВИУА им. Д.Н. Прянишникова. Учет урожая и отбор растительных образцов по сборам для определения экстрактивных веществ проводились весовым методом по Воронцову, дубильные вещества по Левенталю, азот, фосфор и калий по Гинзбург.

Схема опыта

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Без удобрений | 6. ОСВ 60 т/га ежегодно |
| 2. $N_{400}P_{150}K_{100}$ | 7. ОСВ 120 т/га ежегодно |
| 3. ОСВ 30 т/га раз в 3 года | 8. ОСВ 120 т/га дробно ежегодно |
| 4. ОСВ 60 т/га раз в 3 года | 9. ОСВ 60 т/га + $N_{200}P_{75}K_{50}$ |
| 5. ОСВ 120 т/га раз в 3 года | ежегодно |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

I. Динамика содержания азота, фосфора и калия в почве

Изучение динамики содержания разных форм почвенного азота в течение вегетации чайных растений имеет важное значение для определения потребности их в азоте и для правильного использования удобрений. Известно, что доступный для растений азот составляет малую долю от общего запаса его в почве (1-3%). Но в то же время все формы доступного азота (аммиачного, нитратного и легкогидролизуемого) играют решающую роль в азотном питании чайного растения и в первую очередь определяют его урожайность. В начале вегетации чайных кустов в почве замедленно проходят процессы нитрификации, что объясняется пониженной температурой и повышенной влажностью почвы. В июле микробиологическая активность значительно повышается и наблюдается увеличение содержания нитратного азота в особенности в верхних горизонтах, достигая по отдельным вариантам опыта 10-11 мг $N-NO_3$ на 100 г почвы (варианты с ежегодным внесением 120 т/га ОСВ и совместное внесение ОСВ с половинной дозой NPK). В конце вегетации содержание нитратного азота снижается, что связано с использованием его на построение урожая и миграцией его по профилю почвы. Аммонийного азота в почве было значительно больше, чем нитратного за весь период вегетации (май-сентябрь). Здесь также просматривается аналогичная закономерность: рост содержания аммонийного азота с мая по сентябрь с максимумом в июле, когда его количество достигает в верхнем горизонте 10 мг/100 г почвы и более (варианты с повышенными дозами ОСВ) и некоторым снижением в сентябре. Количество легкогидролизуемого азота бурой лесной почвы превосходит количество минеральных форм (табл. I). Наибольшее количество легкогидролизуемого азота наблюдалось в первой половине вегетации (май-июль). Этому способствовали повышенная температура и влажность почвы, а также активизация процесса разложения органического вещества почвенными микроорганизмами.

Внесение удобрений привело к повышению содержания подвижного фосфора. Если в варианте без удобрений содержание его составило 25,7 мг P_2O_5 на 100 г почвы (май) и 24,7 мг/100 г (сентябрь), то при внесении ОСВ и NPK содержание подвижного фосфора повысилось до 32 мг/100 г почвы (варианты $N_{400}P_{150}K_{100}$ и ОСВ 120 т/га дробно ежегодно). Это связано с

Таблица I

Содержание легкогидролизуемого азота в слое почвы
0-45 см, мг/100 г (среднее за 3 года)

Варианты опыта	Май	Июль	Сентябрь
Без удобрений	12,4	10,7	6,0
N ₄₀₀ ^P ₁₅₀ K ₁₀₀	16,2	14,3	7,9
ОСВ 30 т/га раз в 3 года	13,7	12,0	6,6
ОСВ 60 т/га раз в 3 года	14,0	12,2	10,4
ОСВ 120 т/га раз в 3 года	15,8	13,7	11,0
ОСВ 60 т/га ежегодно	14,7	13,0	10,9
ОСВ 120 т/га ежегодно	18,0	15,5	12,5
ОСВ 120 т/га дробно ежегодно	17,5	16,3	13,1
ОСВ 60 т/га + + N ₂₀₀ ^P ₇₅ K ₅₀ ежегодно	16,6	15,1	12,9

тем, что с ОСВ в почву вносится фосфор (содержание его достигало 3% от сухого вещества осадков), а также с усилением биологической активности при внесении в почву органического вещества. В нижних горизонтах содержание подвижного фосфора резко снижалось, в особенности в вариантах с внесением ОСВ.

При рассмотрении данных по обменному калию обращает на себя внимание общая тенденция увеличения содержания его за вегетацию (май-сентябрь) как в почве неудобренной (с 23 по 26 мг K₂O на 100 г почвы), так и в почве вариантов с внесением ОСВ и НРК (с 29 до 32 мг K₂O на 100 г почвы с дозой ОСВ 120 т/га раз в 3 года и с 28 до 31 мг - вариант N₄₀₀^P₁₅₀K₁₀₀). Содержание обменного калия уменьшалось от верхнего к нижнему горизонтам в 2-3 раза. В отличие от фосфора количество обменного калия при внесении ОСВ увеличивалось мало, т.к. в осадках его содержание не превышало 0,3% сухого вещества.

2. Динамика содержания элементов питания во флешах чайных растений

Поступление и превращение элементов питания в чайное растение и в особенности в наиболее жизнедеятельные органы - листья и флешы изменяется за период вегетации, а также под действием вносимых удобрений. Это должно учитываться при проведении листовой диагностики потребности чайного растения в

элементах питания. Нами анализировались только флешы, в которых содержание основных элементов питания всегда отвечает уровню питания чайных растений. Флешы являются биологически однородным материалом при оптимальных условиях питания, имеют устойчивые показатели химического состава, который меньше колеблется по годам. Сбор их для анализов не представляет затруднений и может быть проведен в любой период вегетации (Нагорный, 1985). Именно флешы во многом определяют величину урожая чайного листа. Но не следует забывать, что элементы питания расходуются на все органы растения. Так, по данным Г.И. Урушадзе (1960) при урожайности 4 т/га чайного листа с флешами и с подрезочным материалом выносятся 150 кг N, 93 кг P₂O₅ и 48 кг K₂O, что составляет соответственно всего лишь (в %) 32,43 и 48 от суммы потребляемых чайными растениями питательных веществ (в том числе старые листья, оставленные после подрезки, скелетные ветки, стебли).

Наши исследования показали (табл. 2), что в начале вегетации чайные растения содержали во флешах 3,3–3,8% азота. К массовому сбору чайного листа (июль) по многим вариантам содержание азота во флешах доходило до 5,0%, а к концу сбора (сентябрь) происходило снижение содержания (ниже 4,0%), что во многом связано с уменьшением в почве запасов подвижных форм азота. Наибольшая разница в содержании азота по месяцам (на 0,5%) наблюдалась по вариантам N₄₀₀P₇₅K₅₀ и 60 т/га ОСВ + N₂₀₀P₇₅K₅₀.

В содержании фосфора, калия, кальция и магния во флешах заметных изменений в течение вегетации не наблюдалось. Некоторое увеличение их в летние месяцы на 0,05–0,07% для фосфора, на 0,1–0,2% для калия и на 0,04–0,05% для кальция и магния связано с усилением жизнедеятельности чайных растений в этот период. В исследованиях В.В. Церлинг (1965), М.Б. Езинова (1973) и др. также наблюдалось незначительное изменение в содержании во флешах этих элементов питания, что можно объяснить усилением прироста вегетативных органов и биологическим разбавлением. Несмотря на то, что в ОСВ содержание кальция доходило до 4,0%, а магния – до 0,9%, заметного увеличения этих элементов во флешах по сравнению с флешами неудобренных растений не наблюдалось.

Анализ флешей на содержание сухого вещества показал, что по всем вариантам опыта заметных изменений по этому показате-

Таблица 2

Содержание элементов питания (% на сухое вещество) во флешах

Варианты опыта	N		P		K		Ca		Mg	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
Без удобрений	3,3	3,5	0,36	0,34	1,9	1,7	0,27	0,29	0,19	0,24
N ₄₀₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	3,9	4,0	0,33	0,29	1,7	1,7	0,21	0,21	0,23	0,23
ОСВ 30 т/га раз в 3 года	3,6	3,6	0,33	0,30	1,7	1,6	0,26	0,28	0,20	0,22
ОСВ 60 т/га раз в 3 года	3,6	3,6	0,30	0,31	1,7	1,6	0,24	0,27	0,20	0,24
ОСВ 120 т/га раз в 3 года	3,6	3,7	0,33	0,31	1,6	1,8	0,26	0,23	0,20	0,21
ОСВ 60 т/га ежегодно	3,4	3,7	0,36	0,29	1,5	1,7	0,26	0,22	0,18	0,15
ОСВ 120 т/га ежегодно	3,8	4,0	0,29	0,26	1,5	1,7	0,26	0,25	0,20	0,15
ОСВ 120 т/га дробно ежегодно	3,9	3,9	0,30	0,28	1,7	1,5	0,24	0,20	0,20	0,17
ОСВ 60 т/га + + N ₂₀₀ P ₇₅ K ₅₀ ежегодно	3,7	4,0	0,32	0,31	1,7	1,6	0,24	0,24	0,20	0,15
НСР ₀₅	0,343	0,225	0,045	0,032	0,182	0,256	0,031	0,031	0,040	0,035

лю не наблюдалось. Если в начале вегетации (май) содержание сухого вещества по вариантам опыта в среднем (за 3 года) составило 25,0% с небольшим превышением на 1% по варианту 9 (1990 г.) и на 2% по варианту I (1992 г.), то в конце вегетации (сентябрь) в среднем (за 3 года) составило 24,8%.

3. Действие ОСВ на урожайность чайных растений

Изучение эффективности использования осадков сточных вод в сельском хозяйстве в качестве удобрений в России и во многих зарубежных странах проводилось со многими сельскохозяйственными культурами путем постановки вегетационных, лабораторных, полевых и производственных опытов в различных почвенно-климатических условиях. В задачу всех опытов входило не только изучение влияния ОСВ на величину урожая и основные показатели его качества, но и на накопление в продуктивных частях растений токсичных веществ, в основном соединений тяжелых металлов. Но, к сожалению, опытов с чайной культурой с применением ОСВ в России не проводилось, нет в литературе описания таких опытов и за рубежом. Опыты в Дагомьском чайном совхозе проводятся впервые и поэтому представляют большой практический интерес и на основе их можно будет разработать рекомендации по дозам и срокам применения ОСВ на чайных плантациях.

При составлении схемы опыта с дозами ОСВ мы руководствовались тем, чтобы ежегодная доза азота ОСВ не должна превышать дозу азотного удобрения, рекомендуемую для чайной культуры, а именно - не более 400 кг/га азота (согласно агроправилам для Дагомьского чайного совхоза).

В полевом опыте были использованы: аммиачная селитра (34% N), простой суперфосфат (18% P₂O₅), хлористый калий (58% K₂O), осадки сточных городских вод (среднее за 3 года в %): N 3,10, P₂O₅ 1,72, K₂O 0,27, сухое вещество 11,2, CaO 3,35, MgO 0,83. Некоторые колебания в содержании основных элементов питания по годам проведения опыта связано с тем, что несмотря на общую технологию переработки ОСВ для использования их в качестве удобрения, состав осадков зависел от изменения состава городских сбросов, поступающих в сточные воды. В среднем в 1 т вносимых ОСВ содержались (в кг): N 3,45, P₂O₅ 1,93, K₂O 0,30. Таким образом, при дозе 30 т/га вносилось N, P₂O₅, K₂O соответственно (в среднем) 100; 60; 9; при дозе 60 т/га - 200; 120; 18 и при дозе 120 т/га - 400; 240; 36 кг/га.

В табл. 3 приведены данные по урожайности за 3 года исследований.

Таблица 3
Действие удобрений на урожайность (кг/га) чайной плантации (1990-1992 гг.)

Варианты опыта	1990 г.	1991 г.	1992 г.	Среднее за 3 года	Прибавка урожая кг/га	%
Без удобрений	4932	4123	3862	4306	-	-
N ₄₀₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	8765	8998	7663	8475	4169	97
ОСВ 30 т/га раз в 3 года	4868	5098	3985	4650	344	8
ОСВ 60 т/га раз в 3 года	5432	5511	5429	5457	1151	26
ОСВ 120 т/га раз в 3 года	5565	6109	6044	5906	1600	37
ОСВ 60 т/га ежегодно	6165	5438	5599	5734	1428	33
ОСВ 120 т/га ежегодно	5632	6201	6284	6039	1733	40
ОСВ 120 т/га дробно ежегодно	6665	6489	6385	6513	2207	51
ОСВ 60 т/га + + N ₂₀₀ P ₇₅ K ₅₀ ежегодно	6565	6837	6681	6694	2388	55
НСР ₀₅	325,175	305,600	407,829	692,739		

Наибольший урожай чайного листа был во все годы на варианте N₄₀₀P₁₅₀K₁₀₀ (по агроправилам) и составил 8,48 т/га, что почти в два раза превышает урожай на контрольном варианте (без удобрений) - 4,31 т/га. Далее следует вариант с ежегодным внесением высокой дозы 120 т/га ОСВ, при этом половина дозы вносилась весной до начала массовой вегетации и в начале июля, когда наблюдался некоторый спад сбора чайного листа. Прибавка от ОСВ в дозе 120 т/га (дробно) составила 2,21 т/га (51% от контроля), что следует считать существенным увеличением урожая. Также высокий урожай получен с половинными дозами ОСВ (60 т/га) и минеральных удобрений (N₂₀₀P₇₅K₅₀), прибавка урожая составила 2,4 т/га (55% от контроля).

Слабую эффективность показали невысокие дозы ОСВ - 30 и 60 т/га, внесенные раз в 3 года: прибавка урожая (в среднем)

составила 0,34-1,2 т/га, но доза 60 т/га ОСВ в сочетании с N₂₀₀P₇₅K₅₀ может быть рекомендована как экономически эффективная, учитывая то, что ОСВ хозяйство получало бесплатно.

4. Влияние ОСВ на качество чайного листа

Одним из главных показателей качества чайных листьев является содержание танина и экстрактивных веществ. Именно эти вещества во многом определяют вкусовые и полезные свойства готового чая. Содержание танина и экстрактивных веществ зависит от многих факторов (погоды, расположения плантации над уровнем моря, агротехники и др.). Во многом это зависит и от уровня минерального питания и в первую очередь от доз азотных удобрений.

Анализ флешей показали (табл. 4), что при внесении ОСВ один раз в 3 года количество танина и экстрактивных веществ несколько снижается (от мая к сентябрю), но при ежегодном внесении ОСВ происходит увеличение их содержания. Заметим, что Краснодарский чай по танину приближается к индийскому чаю Ассам (21,4%) и Шриланкийскому (20,1%).

Таблица 4
Влияние удобрений на качество чайного листа
(среднее за 3 года)

Варианты опыта	Содержание, %			
	Танин		Экстрактивные вещества	
	май	сентябрь	май	сентябрь
Без удобрений	18,0	17,7	41,8	40,7
N ₄₀₀ P ₁₅₀ K ₁₀₀	20,3	19,7	43,1	42,0
ОСВ 30 т/га один раз в 3 года	18,5	17,4	41,1	40,2
ОСВ 60 т/га один раз в 3 года	20,2	17,8	41,1	41,8
ОСВ 120 т/га один раз в 3 года	18,7	19,7	40,8	41,8
ОСВ 60 т/га ежегодно	18,2	19,3	41,4	42,0
ОСВ 120 т/га ежегодно	18,6	20,3	42,2	42,8
ОСВ 120 т/га мелко ежегодно	19,1	19,5	42,1	42,3
ОСВ 60 т/га + N ₂₀₀ P ₇₅ K ₅₀	19,2	19,9	43,0	43,7
НСР ₀₅	1,373	1,045	1,482	0,975

Максимум по содержанию танина и экстрактивных веществ приходится на середину июля, затем наблюдается некоторое их снижение, продолжающееся до конца сезона. Это обуславливается более засушливой погодой к концу лета, вызывающей быстрое огрубение чайного листа, а, следовательно, и понижение его качественных показателей.

Из данных опыта следует, что несмотря на возрастание урожайности качественные показатели чайного листа изменялись незначительно, а в некоторых случаях даже улучшались. Это еще раз подтверждает высказывание известного селекционера чайной культуры К.Ф. Бахтадзе (1950): "Высокоурожайные сорта чая могут быть и высококачественными".

5. Экологические последствия применения ОСВ

При использовании удобрений должны учитываться не только требования земледелия, но и окружающей среды. Высокоэффективная и экологически сбалансированная система применения удобрений должна тесно увязана с конкретными почвенно-климатическими условиями и базироваться на объективных данных круговорота и баланса элементов питания и сопутствующих веществ с учетом их миграции во всей системе: почва — удобрение — растение — человек > почва.
животное >

В нашей работе сделана попытка проследить за миграцией некоторых тяжелых металлов, которые содержались в ОСВ и которые наряду с биофилами (цинк, марганец, медь) относятся к токсикантам (свинец, кадмий, никель). Эти элементы ежегодно содержались в ОСВ, хотя в ОСВ города Сочи появлялись (в прошлые годы, согласно отчетам городской санэпидстанции) в небольших количествах ртуть, хром, стронций и др.

В табл. 5 представлены данные по содержанию тяжелых металлов в ОСВ, применяемых в опыте, а также литературные данные по осадкам городских сточных вод г. Москвы (Люберецкая станция аэрации).

Важно установить не только концентрацию отдельного элемента в ОСВ, а руководствоваться суммарной концентрацией ТМ. Ориентировочные предельно допустимые величины валового содержания свинца, кадмия и цинка в почвах, не вызывающего повреждения растений и не снижающего урожая по А.К. Locke (1974), следующие: около 2000 мг/кг для свинца, около 500 для цинка и около 50 для кадмия. Но если в почве присутствуют все эти три

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов в осадках городских сточных вод (мг/кг сухого вещества)

Элемент	ОСВ (Сочинская станция)			ОСВ (Люберецкая станция аэрации)	ПДК (Рекомендации Минздрава России)	ПДК (ФРГ)
	1990 г.	1991 г.	1992 г.			
Mn	819	850	760	131-1860	2000	2500
Zn	1647	1664	1669	1200-6000	3000	3000
Cu	357	381	406	1010-1410	1500	1200
Pb	55	59	70	52-308	1000	1200
Ni	< 100	< 100	< 100	160-880	400	200
Cd	6,1	6,2	6,0	24-175	40	20

тяжелых металла, то сумма их концентраций не должна превышать 2000 мг/кг. Последствия загрязнения почв ОСВ тяжелыми металлами могут быть оценены по влиянию на производительную способность почв, рост и развитие растений, а также по тому, как эти элементы отражаются на состоянии здоровья людей и животных, потребляющих в пищу продукты сельского хозяйства и корма, полученные с удобренных ОСВ полей. Учет свойств почв - неперемное условие при установлении ПДК тяжелых металлов. Так, на некультуренной дерново-подзолистой почве концентрация свинца 125-250 мг/гк заметно снижала урожай зерновых, на окультуренной почве, богатой гумусом и с реакцией близкой к нейтральной угнетение роста растений начиналось только с концентрацией 1000 мг/кг свинца (Минеев, 1990).

Валовое содержание ТМ в бурой лесной почве опытного участка до внесения ОСВ было незначительным и не превышало ПДК: 0,03 мг/кг для кадмия (при ПДК 3,0 мг/кг), 33 - для никеля (ПДК 50 мг/кг) и 33 - для свинца (ПДК 100 мг/кг). В табл. 6 приведены средние за 3 года данные по валовому содержанию ТМ в горизонте 0-30 см.

В бурой лесной почве опытного участка валовое содержание тяжелых металлов в течение трех лет даже после ежегодного внесения 120 т/га ОСВ изменялось незначительно. Например, в горизонте 0-15 см колебания в содержании составили (мг/кг): для меди 33-42, никеля 43-50, цинка 69-89, свинца 42-59, кадмия 0,03-0,04 и марганца 450-468. Заметим, что все величины

Таблица 6
Валовое содержание тяжелых металлов (мг/кг почвы) в
пахотном горизонте бурой лесной почвы (среднее за 3 года)

Варианты опыта	Zn	Cu	Mn	Pb	Ni	Cd
Без удобрений	83	34	440	21	33	0,03
N 400 ^P 150 ^K 100 ежегодно	80	40	442	13	34	0,03
ОСВ 30 т/га раз в 3 года	79	38	442	21	35	0,04
ОСВ 60 т/га раз в 3 года	77	39	447	20	36	0,03
ОСВ 120 т/га раз в 3 года	87	42	453	33	36	0,03
ОСВ 60 т/га ежегодно	82	37	449	30	38	0,04
ОСВ 120 т/га ежегодно	76	40	462	46	40	0,04
ОСВ 120 т/га дробно ежегодно	80	37	455	33	41	0,04
ОСВ 60 т/га + + N 200 ^P 75 ^K 50 ежегодно	92	36	450	35	44	0,03

концентраций не превышали ПДК.

Распределение тяжелых металлов в почвенном профиле тесно связано с содержанием гумуса, который сильнее адсорбирует катионы этих металлов. Вот почему в горизонте 0-15 см содержание тяжелых металлов в почве всех вариантов опыта выше содержания их в нижних горизонтах. Например, при ежегодном внесении 120 т/га ОСВ в горизонте 0-15 см содержится в 3 раза больше свинца, чем в горизонте 30-45 см, хотя миграция других тяжелых металлов выражена сильнее. Основными факторами, влияющими на подвижность ТМ в почве, это их валовое количество, реакция почвы, природа глинистых минералов, содержание органического вещества, концентрация солей почвенного раствора и неорганических лигандов. Прочность связывания токсикантов в почве определяет и возможность их поступления в растения и способность к миграции по профилю почвы. Например, кадмий как почвенный токсикант более опасен, чем свинец, поскольку взаимодействие свинца с гуминовыми кислотами почвы протекает сильнее и быстрее, чем с кадмием. Образующиеся гуматы свинца

практически нерастворимы в воде и довольно устойчивы к действию слабых органических кислот и менее подвержены микробному разложению, чем соли кадмия. Но следует иметь в виду, что даже если ежегодное поступление кадмия в почву невелико, все же угроза увеличения с течением времени его поступления в растения реальна, поскольку этот элемент не теряет подвижность в почве в течение продолжительного времени.

Говоря о токсичности тяжелых металлов, следует иметь в виду, что существует несколько линий защиты растений от их неблагоприятного действия. Первая - это буферная способность почвы, выражающаяся в переводе поступивших токсикантов в малоподвижное состояние: хелатирование их гумусовыми кислотами, необменное поглощение глинистыми минералами, образование малорастворимых карбонатов и фосфатов. Вторая линия защиты - аккумуляция токсичных ионов корнями растений за счет хелатирования ионов органическими соединениями клеток корня.

Влияние тяжелого металла на рост и развитие растений зависит также от формы соединения, от сопутствующего аниона. Например, хлорид кадмия более доступен растениям, чем нитрат. Подвижность тяжелого металла зависит от технологии переработки ОСВ до внесения их в качестве удобрения. Например, при химической обработке осадков ряд тяжелых металлов переходит в труднорастворимые соединения.

Наибольшее значение с точки зрения экологии имеют данные по содержанию тяжелых металлов в чайном растении, тем более в литературе такие сведения отсутствуют.

В табл. 7 представлены данные анализа флешей, собранных во второй половине вегетации (август-сентябрь).

Интенсивность поглощения тяжелых металлов в растения устанавливается по коэффициенту биологического поглощения (КБП), показывающему отношение содержания того или иного элемента в растении к содержанию этого элемента в почве, где был отобран растительный образец для анализа. Наши расчеты КБП показали, что из всех изучаемых нами тяжелых металлов наибольший КБП имеет кадмий-19, в то время как Mn имеет 8, никель и цинк - 0,35. Это говорит о том, что несмотря на самые малые количества кадмия в почве (0,03 мг/кг), этот элемент усиленно поглощается чайными растениями. Это еще раз указывает на то, что валовые количества тяжелых металлов и их подвижных форм

Таблица 7

Содержание тяжелых металлов (мг/кг) во флешах
(среднее за 3 года)

Варианты опыта	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd
Без удобрений	353,6	8,01	26,7	0,30	1,05	0,32
N ⁴⁰⁰ P ¹⁵⁰ K ¹⁰⁰	371,7	15,36	29,6	0,38	1,57	0,37
ОСВ 30 т/га раз в 3 года	284,6	10,39	25,8	0,36	1,52	0,42
ОСВ 60 т/га раз в 3 года	271,4	7,88	23,1	0,37	1,46	0,44
ОСВ 120 т/га раз в 3 года	295,7	8,28	24,1	0,41	1,68	0,50
ОСВ 60 т/га ежегодно	300,5	9,50	23,7	0,40	0,88	0,35
ОСВ 120 т/га ежегодно	378,2	13,27	26,8	0,48	1,43	0,58
ОСВ 120 т/га дробно ежегодно	384,9	18,18	30,9	0,39	1,31	0,27
ОСВ 60 т/га + N ²⁰⁰ P ⁷⁵ K ⁵⁰ ежегодно	428,8	15,43	28,4	0,36	1,67	0,46
НСР ₀₅	397,59	4,066	2,55	0,068	0,51	0,091

еще не могут полностью отражать размеры загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Сроки внесения ОСВ также могут влиять на поступление тяжелых металлов в растения. Дробное внесение ОСВ по 60 т/га весной и летом показало снижение содержания кадмия в чайных флешах с 0,58 до 0,27 мг/кг, т.е. в 2 раза. Но для других тяжелых металлов заметного снижения их во флешах не наблюдалось.

Разработать методы определения объективных показателей степени загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами не так уж трудно. Более длительное время потребуется для исследований по установлению ПДК токсикантов в почве, воде, растениях, продуктах питания и кормах с учетом сложной взаимосвязи и взаимозависимости элементов и другие факторы. Труднее всего предотвратить загрязнение среды токсическими элементами или понизить степень загрязнения до уровня, не опасного для человека и животных (Минеев, 1990). В будущем, очевидно,

найдут применение мероприятия по связыванию токсических металлов в труднодоступные для растений соединения, что можно достигнуть путем изменения химизма и свойств почвы, реакции среды, соотношения элементов и с учетом антагонизма и синергизма ионов.

Что касается ежегодного внесения ОСВ, то общей рекомендации нельзя дать: это зависит от химического состава ОСВ и в первую очередь от наличия тяжелых металлов и от содержания их в почве. Обязательным условием ежегодного использования ОСВ в качестве удобрения является соблюдение требований по охране окружающей среды с жестким контролем санитарно-эпидемиологической службы перед повторным внесением для определения фонового содержания тяжелых металлов в почве. Принцип расчета допустимых концентраций токсических веществ основан на том, что после внесения ОСВ суммарное содержание токсиканта в почве (с учетом рассеивания в пахотном горизонте) не должно превышать ПДК: $\Phi + Д \leq ПДК$, где Φ - исходное содержание в почве до внесения ОСВ, мг/кг; $Д$ - поступление токсиканта в почву с ОСВ, мг/кг; ПДК - допустимый уровень токсиканта в почве, мг/кг.

ВЫВОДЫ

1. Осадки сточных вод, получаемые на Дагомысской очистительной станции, характеризуются высоким содержанием органического вещества ($58 \pm 3,4\%$), общего азота ($3,4 \pm 0,1\%$), фосфора P_2O_5 - $7,56 \pm 0,14$) и сравнительно низким содержанием тяжелых металлов, что позволяет расценивать их как ценный удобрительный материал.

2. Внесение ОСВ под чайные насаждения на бурой лесной почве улучшает ее пищевой режим за счет увеличения содержания минерального азота и подвижного фосфора. При ежегодном внесении 120 т/га ОСВ в почву содержание минерального азота увеличивается примерно в 2 раза, подвижного фосфора на 4-10 мг/кг почвы.

3. При внесении ОСВ под чайный куст повышается уровень азотного питания растений. Содержание азота во флешах увеличивается в начале вегетации с 3,3 до 3,8%, в период интенсивного роста - до 5%, а к концу вегетации до 4%.

4. Самая высокая урожайность полновозрастной чайной плантации была при ежегодном как однократном, так и частом

внесении (начало мая и начало июля) ОСВ в дозе 120 т/га и составляла в среднем за 3 года 6,51 т/га чайного листа (при контроле без удобрений 4,31 т/га). Такой же эффект дает доза ОСВ 60 т/га с одновременным внесением половины рекомендуемого количества минерального удобрения ($N_{200}P_{75}K_{50}$).

5. При использовании ОСВ на удобрение качество получаемого урожая чайного листа не ухудшается по сравнению с применением только минеральных удобрений, но в сравнении с контрольным вариантом (без применения удобрений) увеличивается содержание танина и экстрактивных веществ во флешах.

6. Содержание тяжелых металлов-токсикантов (Pb, Ni, Cd), вносимых с ОСВ, во флешах не превышало предельно допустимых концентраций даже при ежегодном внесении в течение трех лет дозы 120 т/га.

7. При кратковременном применении ОСВ (от одного года до 3 лет) какие-либо отрицательные экологические последствия не обнаруживаются.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Обогащенность органическим веществом и химический состав ОСВ, получаемых на Дагомысской очистительной станции, позволяют использовать их как удобрительный материал. Рекомендуется вносить 120 т/га ОСВ одновременно или дробно (60+60) в начале и в середине активной вегетации чайного куста, что обеспечивает прибавку урожая чайного листа на 40-50% без применения минеральных удобрений.

Ежегодное в течение 3 лет применение ОСВ в качестве удобрительного материала на чайных плантациях Сочинской зоны чаеводства не оказывает каких-либо отрицательных экологических последствий.

По материалам диссертации опубликована статья: "Влияние осадков городских сточных вод на продуктивность чайного куста", Труды с/х ф-та. - М.: УДН, 1992, с.21.

29.11.93г.

Объем 1л. л.

Тир. 100

Зак. 670

Тип. РУДН, Орджоникидзе, 3