

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЛЕСОВОДСТВА И МЕХАНИЗАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В. Н. Кураев
А. А. Мартынюк

Пушкино
2012

УДК 630.91

ББК 43.4

К93

Рецензенты:

д-р с.-х. наук, профессор Е. М. Романов

д-р с.-х. наук Г. Е. Мерзлая

А. А. Мартынюк, В. Н. Кураев

Использование органических отходов в лесном хозяйстве. – Пушкино :

ВНИИЛМ, 2012. – 126 с.

ISBN 978-5-94219-192-4

На основе собственных экспериментальных исследований с постановкой полевых опытов и аналитического обобщения литературных источников рассмотрены виды и свойства органических отходов производства и потребления, современное использование их в сельском и лесном хозяйстве. Описаны методика постановки и результаты полевых опытов по применению древесных и сельскохозяйственных отходов, растительных остатков, осадков сточных вод и приготовленных на их основе компостов в лесных питомниках и культурах, на лесосеменных плантациях и при лесобиологической рекультивации полигонов складирования промышленных отходов (на примере фосфогипса). Приведены рекомендуемые технологии использования органических отходов на лесохозяйственных объектах. Показана лесоводственная и экономическая эффективность применения органических отходов в качестве удобрений при лесовосстановлении. Обоснованы меры экологической безопасности при использовании органических отходов, загрязненных тяжелыми металлами и другими токсикантами.

Книга будет полезна лесоводам, экологам, специалистам сельского хозяйства, технологам промышленных предприятий и другим специалистам, работающим в области переработки и использования промышленных отходов.

V. N. Kuraev, A. A. Martynuyk

Utilization of organic residues in forestry. – Pushkino : VNIILM, 2012. – 126 p.

Own experimental studies with field experiments and analytical summary of literature sources served as a background to review production and consumption organic residues types and characteristics and their updated utilization in agriculture and forestry. Supply procedure and results of field trials on utilization of timber and agricultural residues, plant residues, sewage sludge and based on their basis composts in forest nurseries and plantations, seed orchards and in forest biological reclamation of industrial waste landfills (example of phosphogypsum). Recommended technologies to apply organic residues in forestry facilities are available. Silvicultural and economic efficiency of organic residues utilization as fertilizers in forest regeneration is highlighted. Environmental safety measures in utilization of contaminated with heavy metals and other toxicants organic residues are proven.

The book will be useful for foresters, agriculture specialists, technological engineers of industrial enterprises and other specialists in industrial residues recycling and utilization.

ISBN 978-5-94219-192-4

©ВНИИЛМ, 2012

Содержание

Предисловие	5
1. Краткая характеристика органических отходов производства и потребления	8
1.1. Классификация органических отходов	8
1.2. Виды основных органических отходов, их свойства и пригодность для использования на лесохозяйственных объектах.....	10
2. Современное состояние проблемы использования органических отходов в сельском и лесном хозяйстве	16
2.1. Применение органических отходов в сельскохозяйственном производстве	18
2.2. Применение органических отходов в лесном хозяйстве	21
3. Опыт использования органических отходов при выращивании посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках	28
3.1. Опыт применения органических отходов в лесных питомниках открытого грунта	29
3.1.1. Влияние осадков сточных вод на грунтовую всхожесть семян хвойных пород.....	29
3.1.2. Полевые опыты с органическими отходами в лесных питомниках	31
3.1.3. Полив сеянцев водными экстрактами из свежих растительных остатков.....	35
3.2. Использование органических отходов для приготовления субстратов при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой в теплицах	39
3.3. Использование органических отходов при выращивании саженцев	48
3.4. Использование компостов на основе органических отходов в лесных питомниках.....	54

4. Повышение плодородия почв и продуктивности лесосеменных плантаций сосны с помощью осадков сточных вод.....	61
4.1. Улучшение лесорастительных свойств почв на плантациях	61
4.2. Использование органических отходов для повышения продуктивности лесосеменных плантаций.....	65
5. Использование органических отходов при создании лесных культур	70
5.1. Применение органических отходов в культурах ели на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве	70
5.2. Применение органических отходов в культурах ели на малоплодородных дерново-подзолистых супесчаных почвах.....	73
6. Использование органических отходов в качестве искусственного почвогрунта при лесобиологической рекультивации отвалов промышленных отходов.....	79
6.1. Технология покрытия отвалов фосфогипса искусственным почвогрунтом.....	81
6.2. Ускоренное создание растительного покрова на отвалах.....	83
7. Обеспечение экологической безопасности при применении органических отходов на лесохозяйственных объектах	90
Заключение	100
Список использованной литературы	106
Приложение 1.....	121
Приложение 2.....	122
Приложение 3.....	124

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие промышленности и рост городского населения сопровождаются увеличением объёмов различных отходов производства и потребления, в том числе органических. На территории России к 2001 г. в хранилищах и накопителях, на складах и полигонах, свалках и других аналогичных объектах, принадлежащих предприятиям, скопилось более 1.9 млрд т промышленных отходов. Их объёмы ежегодно возрастают: с 82.6 млн т в 1996 г. до 139 млн т в 2001 г., т.е. за 5 лет в 1.7 раза [60].

В Московской обл. ежегодно образуется 28 млн т промышленных (включая осадки станций аэрации и строительные отходы), около 5 млн т твёрдых бытовых (ТБО) и 2 млн т сельскохозяйственных отходов. По состоянию на январь 2002 г., на свалках, полигонах и отвалах предприятий Подмосковья уже скопилось более 110 млн т твёрдых бытовых и промышленных отходов и 120 млн т иловых осадков сточных вод (ОСВ) из очистных сооружений [61].

В настоящее время для утилизации и размещения отходов осуществляют их захоронение на специальных полигонах складирования, сжигают на мусоросжигательных заводах или используют для рекультивации нарушенных земель.

Экологически безопасное захоронение или сжигание отходов – дорогостоящее мероприятие. Одним из наиболее приемлемых по экономическим и экологическим соображениям методов утилизации отходов является использование их в качестве удобрений для сельского и лесного хозяйства, а также приготовления почвенных субстратов в «зеленом» строительстве.

Серьезную проблему с точки зрения размещения, утилизации и переработки представляют осадки сточных вод. В нашей стране существует положительный опыт использования ОСВ в опытных и опытно-производственных условиях в качестве удобрений на объектах сельского хозяйства. Исследования по агрономической оценке разных видов этих осадков проводят с конца 1960-х годов [42], од-

нако доля применения ОСВ в промышленных масштабах в настоящее время не превышает 5...7% общего количества.

За рубежом во многих индустриально развитых странах в качестве удобрений используют в среднем 30...35% осадков сточных вод. В Люксембурге в сельском хозяйстве применяют около 90% годового выхода ОСВ, в Швейцарии – 70, Германии – 30, Франции – 23, Бельгии – 10%. Большую часть образующихся осадков сбрасывают в отвалы, используемые в качестве грунта для заполнения горных выработок и оврагов, от 3 до 30% сжигают.

По имеющимся оценкам, большая часть отходов может быть использована в качестве мелиорантов почв [42]. В частности, лесные почвы, как правило, характеризуются низким естественным плодородием и нуждаются в его повышении путем внесения органических и органоминеральных удобрений. Органические отходы являются резервом повышения плодородия почв в лесных питомниках и культурах, на лесосеменных плантациях и других лесохозяйственных объектах при лесовосстановлении и лесоразведении. Удобрения на их основе можно вносить в лесные почвы в качестве полноценного заменителя традиционных дорогостоящих органических удобрений.

Такие органические отходы, как осадки сточных вод, по качеству удобрения почвы не уступают подстилочному навозу. Благодаря наличию органических и зольных веществ ОСВ улучшают химические и физические свойства почв: повышается содержание органического вещества, влагоёмкость и водопроницаемость; улучшается структура; нейтрализуется кислотность; увеличивается ёмкость обмена катионов, в том числе многих элементов минерального питания растений; возрастает биохимическая и биологическая активность [73].

В настоящей монографии обобщены результаты многолетних (1980–2007 гг.) исследований авторов по рассматриваемой проблеме, выполненных, преимущественно, в отношении использования осадков сточных вод при лесовосстановлении. Общее руководство

научными исследованиями на протяжении многих лет осуществлялось кандидатом сельскохозяйственных наук В. Н. Кураевым и доктором сельскохозяйственных наук А. А. Мартынюком (в части рекультивации отвалов фосфогипса). Полевые, опытно-производственные и химико-аналитические работы, камеральная обработка результатов выполнены под непосредственным руководством В. Н. Кураева при участии аспирантов ВНИИЛМ Н. Ф. Мавриной и И. Б. Риджал.

Авторы признательны сотрудникам ВНИИЛМ:

Л. Л. Коженкову, В. С. Таран, А. С. Потапову и Л. Ф. Лизуновой – за помощь в проведении полевых и камеральных работ;

Г. Н. Сафроновой, Т. В. Рыковой, И. Ю. Омехиной и Л. М. Хариной – за компьютерную обработку материалов и оформление монографии.

Выражаем также благодарность начальнику технического отдела ОАО «Воскресенские минеральные удобрения» В. Е. Миронову за содействие в организации работ по лесобиологической рекультивации полигона складирования фосфогипса.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

1.1. Классификация органических отходов

Основная масса органических отходов производства и потребления образуется из природных материалов. С целью планирования переработки для использования в лесном хозяйстве эти отходы целесообразно разделить на отдельные группы по их происхождению:

- ✓ древесные отходы;
- ✓ отходы бумаги;
- ✓ отходы сельского хозяйства;
- ✓ пищевые отходы;
- ✓ отходы текстиля и трикотажа;
- ✓ кожевенные отходы;
- ✓ осадки сточных вод и шламы;
- ✓ твердые бытовые отходы.

В меньших количествах накапливаются отходы полимерных материалов синтетической химии: отходы резинотехнических изделий, пластмасс, нефтепродуктов.

При разработке концепции утилизации отходов производства и потребления их классифицируют с учетом ряда показателей: место образования отходов, их вид, состав, направление использования, степень разработанности технологий утилизации. В приложении 1 приведена общая схема классификации органических отходов производства и потребления, составленная Е. М. Романовым и Д. И. Мухортовым (Марийский государственный технический университет).

Для практики управления отходами очень важна классификация их по токсичности. Все отходы производства и потребления делят на 4 класса опасности: 1 – чрезвычайно опасные, 2 – высокоопасные, 3 – умеренно опасные и 4 – малоопасные [18].

Пригодные к использованию в лесном хозяйстве отходы производства и потребления условно разделяют на 3 группы по их экологической безопасности [127]:

- 1) отходы, требующие компостирования;
- 2) отходы, требующие заблаговременного внесения в почву;
- 3) отходы, пригодные для использования в качестве удобрений без ограничений.

К 1-й группе относят такие отходы, как: канюга, перо и пух, шелуха семян масличных растений, жмыхи: яблочный, клюквенный и др. Они опасны в санитарно-гигиеническом отношении, но после компостирования с другими материалами могут быть ценным органическим удобрением.

Во 2-ю группу входят древесные отходы, отходы кожевенных заводов, шерстяные отходы, отходы фетровых и щетинных фабрик и др. Они характеризуются широким отношением углерода к аммонийному азоту. Внесение их в почву непосредственно перед посевом культур может привести к биологическому закреплению доступного азота почвы в плазме микроорганизмов и тем самым вызвать азотное голодание растений, ухудшение их роста. В связи с этим такие отходы следует вносить в почву задолго до посева – под зябрь или под пар.

К 3-й группе относят отходы, пригодные для использования в качестве удобрений без ограничений: навоз, отходы мясоперерабатывающих предприятий, рыбные отходы, мездра, роговая стружка, отходы табачного производства, клещевинный, хлопковый, рапсовый и другие жмыхи.

Наиболее распространенные отходы разных отраслей промышленности с указанием пригодности их в качестве тех или иных видов удобрений для лесных почв, а также группы их экологической безопасности приведены в табл. 1.

Таблица 1. Классификация основных органических отходов производства и потребления с оценкой их пригодности в качестве удобрений на лесохозяйственных объектах

Органические отходы	Вид удобрения по содержанию органического вещества и питательных элементов*	Группа экологической безопасности
Порубочные остатки на лесосеках (хвоя, листья, сучья)	CNK	3
Древесная кора, опилки, стружка, щепы	СК	1
Гидролизный технический лигнин	CNK	1
Активный ил	CNK	1
Навоз	CNPKCaMg	3
Солома, пожнивные остатки	С	1
Каньга, шлам свиной и говяжий, экскременты шелковичных червей	CNPKCaMg	1
Мясная, костяная, рыбная мука	CNPKCaMg	3
Жмых, шелуха масличных семян	CN	1
Мездра, сыромятная стружка и другие отходы кожевенной промышленности	CN	2
Дефекационная грязь (дефекаты); выжимки виноградные	CN	3
Отходы производства пуха и пера	CN	1
Сажа древесная и каменноугольная	CNPK	3
ОСВ сахарных заводов, мясокомбинатов, хлебозаводов	CNPK	1, 2
ОСВ кожевенного производства	CNPKCaMg	2
Осадки городских канализационных сточных вод	CNP	1

*Вид удобрения: С – органическое, N – азотное, P – фосфорное, K – калийное, CaMg – кальциево-магниевое (известковое).

1.2. Виды основных органических отходов, их свойства и пригодность для использования на лесохозяйственных объектах

Органические отходы разного происхождения характеризуются различным химическим составом и другими физико-химическими свойствами. Они отличаются, главным образом, по содержанию органического вещества и элементов минерального питания растений, занимая свою определенную нишу в системе улучшения плодородия лесных почв [4, 9, 58, 65, 66, 67, 102, 108, 109, 112].

Из древесных отходов пригодны к использованию древесная кора, опилки, стружки, щепа и другие обрезки древесины [8, 48, 79]. Они более чем на 90% состоят из органического вещества и имеют очень широкое соотношение C : N (100 : 1 – 200 : 1 и более). Вследствие этого в чистом виде (как удобрение) их не применяют, а используют в качестве компонентов при приготовлении компостов [8, 81, 84, 86].

Древесные опилки в чистом виде применяют для мульчирования посевов в лесных питомниках с целью сохранения влаги в почве и предупреждения прорастания сорняков [56].

На лесосеках остается большое количество порубочных остатков (сучьев, веток, листьев, хвои и т.п.). При их сжигании образуется зола, богатая калием, кальцием и другими элементами минерального питания растений. Эффективным приемом использования порубочных остатков на вырубках является их измельчение и заделка в почву путем фрезерования.

Отходы сельского хозяйства, а также пищевые отходы широко применяют в качестве органических удобрений [85, 97]. Такие отходы сельского хозяйства, как навоз, птичий помет, фекалии и т.п., богаты элементами минерального питания растений, имеют близкое к оптимальному соотношение C : N (30 : 1 – 20 : 1). Однако солома, пожнивные остатки и подобные им сельскохозяйственные отходы бедны питательными элементами, имеют широкое соотношение C : N (100 : 1 и более).

Твердые бытовые отходы, отходы текстиля и трикотажа, а также отходы бумаги в настоящее время в сельском и лесном хозяйстве практически не используются, хотя также являются потенциальными источниками производства органических удобрений.

Кожевенные отходы образуются на кожевенных заводах при выделке кож из сыросоленых шкур. Технологические отходы кожевенного производства представлены как органикой, так и используемыми химическими реактивами.

Осадки сточных вод (ОСВ) представляют собой ил, осаждающийся из сточных вод при их очистке на очистных сооружениях и состоящий преимущественно из органических веществ. В свежем виде это темно-серое или серо-бурое, вязкое, бесструктурное вещество, похожее на сапропель и имеющее неприятный гнилостный болотный запах; влажность его после выдержки в отвалах – 70...80%. Даже при высоком содержании влаги при разгрузке ОСВ сохраняют форму кучи (не расплываются). Эти физико-механические свойства ОСВ при их компостировании с торфом и опилками позволяют формировать бурты оптимальной высоты (1.5...2.0 м). Однако их оптимальной влажностью можно считать содержание влаги не более 40% из расчета на сырую массу. В таком состоянии они удобны для транспортировки, внесения в почву и перемешивания (рис. 1).



Рис. 1. Транспортировка осадка сточных вод на лесной питомник (фото М. С. Ячменева)

Сухие иловые осадки очень легкие: плотность их составляет всего 0.20...0.24 г/см³; такую плотность имеет торф верхового типа.

Основными компонентами ОСВ (до 80...85%) являются органические вещества – углеводы, жироподобные и белковые вещества сложного состава. Осадки содержат углерод, главным образом в органической форме (20...30% сухого вещества) [32, 54, 157].

Многочисленные исследования показывают, что в ОСВ находится большое количество основных элементов минерального питания растений. Содержание общего азота в различных видах осадков колеблется от 0.6 до 7.0% сухого вещества, наибольшее количество (1.4...7%) отмечено в активном иле. В сыром осадке содержится 1.5...4.2% азота, в сброженном – 0.9...5.2%. Азот в осадках находится преимущественно в виде органических соединений. По некоторым данным, в активном иле и сброженном осадке на органический азот приходится 85...90% общего азота; 95...99% минерального азота находится в аммонийной форме [54].

Содержание валового фосфора в ОСВ в зависимости от вида и места происхождения колеблется от 0.3 до 8.0% сухого вещества, что намного превышает его содержание в навозе. Фосфор в них в основном входит в состав веществ, труднодоступных для растений (на 50...80%) [4, 16]. Калия в осадках в несколько раз меньше, чем в традиционных органических удобрениях: от 0.2 до 3.0% сухого вещества.

Содержание кальция в ОСВ довольно высокое – 2.4...3.0% сухого вещества. Максимально высокое количество этого элемента (до 25% и более) наблюдается в осадках, обработанных известью.

Осадки сточных вод обычно характеризуются слабокислой или близкой к нейтральной реакцией среды (рН 6.0...6.1) и высокой степенью насыщенности основаниями (70...80% и более). Обработанные известью осадки могут применяться для известкования почв.

Осадки сточных вод потенциально являются ценным органоминеральным удобрением. Наибольшей удобрительной способностью обладают ОСВ, образующиеся при очистке вод. В них преобладают хозяйственно-бытовые стоки, содержащие фекалии, различные пищевые и другие органические отходы, а также осадки

сточных вод предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию. В таких ОСВ, как правило, содержание питательных веществ значительно выше, а загрязненность их тяжелыми металлами и другими токсикантами ниже по сравнению с осадками сточных вод предприятий большинства других отраслей промышленности [34, 83, 87, 113].

Химический состав ОСВ колеблется в широких пределах (табл. 2). Основными их компонентами являются органические вещества, составляющие в пересчете на сухую массу 80...85%, в том числе органический углерод ($C_{орг.}$) – 45...50%.

В первый год после внесения в почву анаэробно сброженного осадка минерализуется около 40% содержащегося в нём органического вещества, на второй – 20, на третий – 5%. В год внесения осадка в почву для растений доступно 10%, а в последующие годы – 3% содержащегося в нём азота. Наибольшее увеличение содержания подвижного фосфора происходит на 2...3-й год в процессе минерализации органического вещества. Считается, что по содержанию питательных веществ 1 т сухого вещества ОСВ эквивалентна 100 кг нитрофоски [13, 51, 73, 74].

При использовании осадков сточных вод в качестве удобрений необходимо предпринимать меры по обеспечению экологической безопасности [15, 19, 58, 124, 128]. ОСВ чаще всего характеризуются 2- и 3-м классами опасности (высоко и умеренно опасные), реже – 4-м (малоопасные). Они, как правило, загрязнены тяжёлыми металлами, поверхностно-активными веществами, красителями и другими токсичными для растений и человека веществами. Особенно сильное загрязнение наблюдается в городах и промышленных центрах, где в хозяйственно-бытовые сточные воды сбрасывают промышленные стоки [147].

В ОСВ обычно содержатся все основные формы бактерий; сырые осадки могут быть заражены возбудителями болезней животных и человека, в том числе представляющими наибольшую угрозу для здоровья – сальмонеллами, вирусами и яйцами гельминтов.

Таблица 2. Химический состав осадков сточных вод

Показатель, элемент	Содержание элемента в исследовавшихся ОСВ (в расчете на сухое вещество)				Нормативные требования *
	Москва (Люблино)	г. Куровское МО (очистные сооружения)	Воскресенск МО (очистные сооружения)	Рязань (кожевенный завод)	
Органическое вещество ($C_{орг}$), %	36.0	37.1	36.9	28.8	Не менее 20
pH_{KCl}	7.0	6.5	12.3	7.4	6.5
<i>Макроэлементы</i>					
Азот общий ($N_{общ}$), %	2.7	3.8	3.8	4.3	Не менее 0.60
Нитраты + аммоний, мг/кг	580	770	–	870	–
Фосфор общий (P_2O_5), %	1.5	3.0	3.1	1.1	Не менее 1.50
Фосфор подвижный (P_2O_5), мг/кг	450	340	–	22	–
Калий общий (K_2O), %	0.17	0.4	0.12	0.17	Не менее 0.15
Калий обменный (K_2O), мг/кг	70	368	–	34	–
Кальций общий (CaO), %	0.9	1.2	20.5	–	Не нормировано
Магний общий (MgO), %	0.8	0.2			Не нормировано
<i>Тяжелые металлы и мышьяк, мг/кг</i>					
Кадмий (Cd^{2+})	17	6	4.0	0.9	Не более 30
Кобальт (Co^{2+})	9	17			
Медь (Cu^{2+})	628	61	267.9	9.6	Не более 1500
Молибден (Mo)	6	Не опред.	–	–	–
Никель (Ni^{2+})	139	27	66.0	–	Не более 400
Свинец (Pb^{2+})	106	58	59.3	17.2	Не более 1000
Хром (Cr^{+3})	598	40	193.6	Не обнаружено	Не более 1200
Цинк (Zn^{2+})	2055	878	463.0	59.8	Не более 4000
Мышьяк (As)	1.8	32.0	4.94	3.4	Не более 20

*Нормативные требования приведены по ГОСТ Р 17.4.3.07

2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В СЕЛЬСКОМ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

При использовании органических отходов одновременно решают две задачи – утилизация их избыточного количества и обеспечение сельского и лесного хозяйства органическими удобрениями. Накоплен большой научный и производственный опыт по использованию этих отходов в качестве удобрений, свидетельствующий об их высокой агрономической эффективности. Навоз, птичий помет и подобные им сельскохозяйственные отходы издавна и успешно применяют в качестве основного вида органических удобрений [108, 109].

Осадки сточных вод благодаря высокому содержанию в них органического вещества благоприятно влияют на физическое состояние почвы и её пригодность к обработке: снижается плотность почвы, повышается количество водопрочных почвенных агрегатов, водоудерживающая способность и гидравлическая проводимость. В ходе исследований были получены данные о благоприятном воздействии ОСВ на почвенную структуру; флокулированные известью осадки вызывают более значительное улучшение структуры, чем нефлокулированные, из-за большего поступления в почву ионов кальция [116, 146].

Повышенная агрономическая эффективность ОСВ обусловлена также наличием микроорганизмов, влияющих на биологическую активность почвы. ОСВ изменяют агрохимические свойства почвы: снижается кислотность, увеличивается сумма поглощённых оснований и степень насыщенности ими, а также значительно повышается количество подвижного фосфора. Ряд исследователей отмечают нейтрализующее действие осадков на почву [16].

Применение ОСВ и других органических удобрений на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве благоприятно сказывается на накоплении гумуса и подвижного фосфора [20, 47]. Свойство ОСВ оказывать благоприятное влияние на фосфорный режим дерново-подзолистых почв имеет большое значение, так как они отли-

чаются пониженным содержанием подвижного фосфора. Внесение в почву осадков изменяет и характер распределения фракций почвенного органического углерода. Так, при длительном (несколько десятилетий) удобрении почвы осадком в окрестностях Мюнхена содержание гумуса возросло почти в 4 раза: с 3.5 до 12.0%.

При внесении ОСВ в дозах сухого вещества от 4.6 до 140 т/га наблюдалось повышение содержания углерода в почве с 800...900 до 1200...1500 мг/кг, азота – с 214 до 7400, фосфора – с 68 до 2277, калия – с 17.6 до 439 мг/кг [32].

Для сохранения удобрительной ценности канализационных илов их следует заделывать в почву. Если жидкий осадок нанести на поверхность почвы и сразу не заделывать, то потери азота за счет улетучивания достигают 80% [145]. При поверхностном нанесении наблюдается большая потеря нитратов до периода быстрого усвоения азота растениями за счёт вымывания вниз по профилю почвы [136].

При использовании компоста из твердых бытовых отходов (50%) и ОСВ (50%) в дозах 20 и 300 т/га для выращивания декоративных культур в почве возрастало количество доступных растениям элементов питания, а также общего содержания кальция; реакция среды приближалась к нейтральной [32]. Применение ОСВ положительно влияет на величину ёмкости катионного обмена и, как следствие, увеличивает буферность почвы [146].

Термофильно-сброженный осадок, обогащённый кальцием, фосфором и другими элементами питания, способствует самоочищению почвы, стимулируя развитие микроорганизмов. Обнаружено положительное влияние его на процессы аммонификации и каталазную активность почвы [32].

Свыше 90% общего количества тяжелых металлов из осадков удерживается в верхнем слое почвы (0...15 см), лишь 1% перемещается ниже глубины вспашки на 3...5 см и глубже и около 9% поглощается растениями. При ежегодном внесении ОСВ в дозе 5 т/га (по сухому веществу) содержание в почве тяжёлых металлов может

достигнуть предельно допустимых концентраций (ПДК) через 100 лет и более [28, 138].

2.1. Применение органических отходов в сельскохозяйственном производстве

В сельском хозяйстве наиболее широко используются сельскохозяйственные отходы (навоз, птичий помет, фекалии); разработаны соответствующие рекомендации [80, 85, 86].

Осадки сточных вод в качестве удобрений применяют в сельском хозяйстве зарубежных стран. Так, в округах Бранденбурга (Германия) ОСВ из местных очистных сооружений на 100% утилизируются на сельскохозяйственных землях, как путем непосредственного внесения в чистом виде, так и после компостирования [133].

При внесении в почву удобрений на основе органических отходов заметно улучшаются рост и развитие растений, происходит обильное образование микоризы корневых систем удобренных растений, повышается урожайность сельскохозяйственных культур.

При внесении в пахотный слой ОСВ в дозе 40 т/га сельскохозяйственные культуры характеризовались хорошим ростом, развитием большой фотосинтетической поверхности. Прирост сухого вещества у них был в 2...3 раза выше, чем в контроле. Урожай ячменя увеличился на 5.2 ц/га, картофеля – на 56...58, свеклы – на 31...109 ц/га [23].

При использовании осадков в качестве удобрений во многих случаях урожайность сельскохозяйственных культур повышалась по сравнению с контролем: картофеля – на 22...66% и более, озимой пшеницы и озимой ржи – на 14...46%, кукурузы и подсолнечника на силос – на 13...39% [32].

При внесении ОСВ в течение двух лет в дозе 30 т/га содержание азота в биомассе кукурузы возрастало на 50%, протеина в зерне кукурузы и ячменя – на 8...14% [78].

В сельскохозяйственном производстве целесообразно использовать ОСВ под зерновые и технические культуры, а также при

улучшении мелиорированных земель и создании культурных пастбищ. Их рекомендуется вносить осенью под зябь или весной под перепашку почвы. Органические удобрения на основе ОСВ под многолетние злаковые и бобово-злаковые травосмеси на сено и зелёный корм следует вносить под основную вспашку почвы перед залужением травами; одновременно вносят фосфорно-калийные минеральные удобрения [123].

Осадки сточных вод лучше всего применять для удобрения лугопастбищных угодий, так как травы способны использовать большое количество азота, поступающего с осадком. При удобрении почвы компостированным ОСВ в дозе 125 т/га урожай трав повышался на 36%.

Зарубежными специалистами накоплен опыт использования осадков при вовлечении в хозяйственный оборот выработанных торфяников, для восстановления растительного покрова после окончательной грунтовой засыпки свалок, а также для борьбы с эрозией [20, 111, 120].

В США проводили работы по более широкому применению осадков сточных вод для производства витамина (B12), белкового корма для птиц и животных. Кроме того, активный ил изучался как протеиновая добавка в комбикорм для форели, дегустация показала хорошее качество рыбы [20].

Органоминеральные удобрения на основе ОСВ могут использоваться для поверхностного внесения под предпосевную культивацию с заделкой в пахотный слой на глубину до 30...40 см. При этом обычно применяют машины и орудия, предназначенные для внесения навоза.

В зависимости от методов предварительной обработки ОСВ, их используют в сельском хозяйстве в жидком (при влажности 92...98%) или обезвоженном (55...88%) виде. Жидкие осадки вносят в почву с помощью специальных автомобильных и тракторных цистерн или подают по трубопроводам в полевые хранилища с последующим использованием транспорта или оросительных систем.

Разрабатываются также способы подпочвенного внесения жидких осадков в глубокие борозды [73,128].

Применение осадков сточных вод, с одной стороны, улучшает баланс биологически важных элементов минерального питания, но, с другой стороны, может привести к значительному увеличению содержания в почвах подвижных форм тяжёлых металлов, которые усваиваются растениями и накапливаются в почвах. Так, при длительном применении ОСВ на полях, где выращивали картофель, овёс, бобовые культуры, озимую рожь, наблюдалось значительное накопление тяжёлых металлов в почве и растениях. Возрастание концентрации в почве Zn, Cu, Pb и Cr приводило к снижению урожая пшеницы [15, 47,103].

Поступление тяжёлых металлов в растения снижается при высоком содержании в почве гуминовых кислот, а также преобладании в них оксидов железа и глинистых минералов. Иногда при внесении в почву сильно загрязнённых тяжёлыми металлами осадков в высоких дозах (до 400...700 т/га) не наблюдается превышения их ПДК в растениях, что обусловлено не только буферной способностью почв, но и высокими защитными свойствами выращиваемых культур. В северо-восточных районах США сельскохозяйственные культуры, употребляемые в пищу, рекомендуется выращивать через 3 года после последнего внесения ОСВ [114].

В ряде стран запрещается удобрять осадками овощные культуры, а также культуры, формирующие урожай в листьях и стеблях, где наиболее высока вероятность значительного накопления солей тяжёлых металлов. В последние годы в Скандинавских странах было запрещено применять ОСВ под луговые травосмеси и продовольственные культуры. В Западной Германии запрещено применять осадки в качестве удобрения, так как это связано с загрязнением почв тяжёлыми металлами [23].

Таким образом, осадки сточных вод в сельскохозяйственном производстве следует применять с учетом возможных неблагоприятных последствий для человека и окружающей природной среды.

Для уменьшения загрязнения почв использование ОСВ необходимо строго контролировать, так как почвы по-разному реагируют на его внесение. Критериями пригодности почвы для внесения осадка являются топография и уклон местности, текстура, водопроницаемость и дренаж почвы, поверхностный сток и эрозионные процессы, затопляемость территории, величина влагоёмкости почвы, глубина залегания грунтовых вод, рН почвы, ёмкость катионного обмена почвы, содержание в ней тяжёлых металлов и возможность защиты источников водоснабжения населения [139, 141].

2.2. Применение органических отходов в лесном хозяйстве

Лесные почвы, как правило, характеризуются низким естественным плодородием и нуждаются в его повышении. С этой целью, наряду с торфом и другими природными удобрениями, используют органические удобрения, приготовленные преимущественно на основе отходов сельского и лесного хозяйства. Большинство сельскохозяйственных отходов (навоз и т.п.) обладает высоким содержанием органических веществ и элементов минерального питания растений [30, 33], однако их практически полностью используют в сельском хозяйстве. Измельченные солому, пожнивные остатки, а также некоторые отходы переработки сельскохозяйственной продукции можно применять для мульчирования посевов семян древесных и кустарниковых пород в питомниках. При производстве компостов для лесных питомников частично используется птичий помет [85].

Опыт применения в лесном хозяйстве в качестве удобрений органических отходов свидетельствует об их высокой эффективности при окультуривании и повышении плодородия почв в лесных питомниках и на других лесохозяйственных объектах [38, 115, 150, 151, 156]. В то же время лесные почвы не являются поставщиками продуктов питания (за исключением грибов и ягод), что значительно снижает остроту проблемы загрязнения почв содержащимися в отходах токсикантами. Чаще всего леса и лесные питомники удалены

от населённых пунктов, что сводит до минимума возможность вредного влияния на человека последствий применения загрязнённых отходов.

Наиболее полно исследованы вопросы применения удобрений на основе органических отходов в лесных питомниках [55, 56]. Древесные и кустарниковые растения, обладающие на начальных этапах онтогенеза большей скоростью роста, имеют и более высокую степень отзывчивости на внесение в почву удобрений на основе органических отходов [95]. К ним относятся лиственница сибирская, спирея рябинолистная и калина гордовина. В Марийском государственном техническом университете для лесных питомников разработана и внедрена технология приготовления новых органоминеральных удобрений на основе отходов гидролизно-дрожжевого производства и осадков сточных вод [91– 94].

В низкогумусированные дерново-подзолистые почвы нетрадиционные органоминеральные удобрения на основе иловых осадков и гидролизного лигнина рекомендуется вносить за 1–2 года до посева в паровые поля питомников. При этом доза внесения при выращивании сеянцев ели на легкосуглинистых почвах должна составлять 80 т/га, на среднесуглинистых – 150, сосны – 60, лиственницы – 130 т/га [55].

В Украине разработано комплексное органоминеральное удобрение на основе твёрдого осадка городских сточных вод с добавками древесных опилок и фосфогипса. При внесении его в темно-серую лесную среднесуглинистую почву в дозах 30...180 т/га у 2-летних сеянцев дуба существенно увеличились линейные параметры и масса надземной части и корней. Улучшились основные агрохимические свойства почвы: реакция почвенного раствора изменилась от слабокислой до нейтральной, содержание гумуса увеличилось от 2.1...2.4% до 3.0...3.8%. Рекомендуемая оптимальная доза удобрения – 120 т/га [117].

Удобрения на основе органических отходов можно применять в лесных и декоративных питомниках, при создании устойчивых на-

саждений рекреационного типа в городах, а также для рекультивации техногенно-нарушенных земель [31, 39, 70]. Разработана законодательная база, регулирующая обращение с отходами производства и потребления [62], а также рекомендации по применению ОСВ в лесных питомниках [83, 87]. Механически обезвоженный осадок влажностью 70...80% рекомендуется вносить весной – летом в паровое поле в дозах 100...200 т/га. Термически высушенный осадок влажностью 40...50% можно использовать в питомниках в дозах 50...100 т/га, а компосты на его основе – в более высоких дозах.

Румынские специалисты исследовали влияние различных доз ОСВ (100, 200, 500 т/га), внесенных в глинистую и песчаную почвы летом и зимой, под 3-летние сеянцы ели, бука и сосны [141]. Годичные приросты сеянцев по высоте и диаметру стволиков существенно увеличились (максимально на 14...25%). Авторы пришли к выводу, что внесение ОСВ в дозах 100 и 200 т/га не оказывает вредного воздействия на санитарное состояние насаждений и жизнестойкость растений.

В штате Вашингтон (США) выявлено удобрительное действие сухого компостированного осадка сточных вод на саженцы сосны и тополя [153]. При этом тяжелые металлы накапливались больше в листьях тополя, чем в хвое сосны; влияние на рост саженцев они не оказывали. Некоторые хвойные саженцы выращивали на чистом ОСВ. При этом наблюдалось угнетение роста и проявление признаков недостатка питательных веществ. Уровень патогенной микрофлоры в осадке первоначально был высоким, но через 1.0...1.5 года он значительно снизился. Таким образом, применение ОСВ в питомниках может быть экологически безопасным, если учитывать нормы его внесения, характер почв и видовой состав растений.

В последние годы все чаще, особенно за рубежом, проводят исследования по использованию органических отходов в лесах и лесных культурах (плантациях) [46].

В дубовых лесах изучали действие отходов свеклосахарных заводов (дефеката) в дозе 8 т/га (по сухому веществу), содержащих 400 кг азота на 1 га. Были получены следующие результаты:

1) за 3 года средний диаметр стволов увеличился на 63% по сравнению с контролем, а площадь поперечного сечения – на 44%;

2) в течение 2 лет в лесной подстилке сохранялась большая часть нерастворимых питательных веществ дефеката;

3) через 5 мес. после начала опыта в почвенном растворе возросло содержание нитратов, но через 1 год оно снизилось до исходного уровня;

4) после внесения дефеката не наблюдалась гибель деревьев [97].

При использовании осадков сточных вод в лесах на 20...40% и более увеличивается текущий прирост многих пород деревьев и биомасса трав, в травяной покров внедряются нитрофилы; в травах на 20...50% повышается содержание фосфора и протеина, что приводит к росту поголовья диких животных [132].

В Дании проведены опыты по использованию ОСВ на 75-летней плантации ели, произрастающей на песчаной оподзоленной почве. ОСВ вносили в дозах 42 и 51 т/га (по сухому веществу) с расчётом поступления в почву до 1300 кг/га азота, 700 кг/га фосфора и в меньших количествах других макро- и микроэлементов. Через 3 года наблюдалось улучшение состояния насаждений, увеличение содержания в почве необходимых элементов минерального питания. Нитраты, поступившие в почву с осадком сточных вод, расходовались растениями в течение 4...10 лет. Фосфор, внесённый с осадком, был адсорбирован (на 70%) на поверхности почвы в неорганической форме и в течение 4 лет переведен в форму, хорошо усваиваемую растениями [41].

В работе английских учёных показаны результаты многовариантного опыта по удобрению 32-летней плантационной сосны чёрной, произрастающей на супесчаных подзолистых почвах [154]. Осадок сточных вод вносили в дозе 200 т/га ежегодно в течение 5 лет. На

плантации перед внесением удобрений была проведена культивация почвы. Исследования показали, что средняя высота древостоя и запас древесины возросли на 50% по сравнению с контролем. В год постановки опытов заметно увеличилась масса хвои и содержание в ней фосфора. В опытах с использованием осадка и минеральных удобрений существенно повысилось содержание азота в хвое сосны. ОСВ оказал большое влияние на гумусовый слой почвы, увеличивая содержание в нем макро- и микроэлементов.

В Германии были проведены микроскопические исследования клеточных структур годичных колец на 11-летней сосне обыкновенной [137]. За годы внесения компостированного ОСВ наибольшая ширина годичных колец достигалась за счёт увеличения количества клеток ранней древесины. Поздняя древесина показала ничтожно малую ширину в сравнении с ранней древесиной и контролем.

В США испытывали компостированный осадок сточных вод на плантациях сосны веймутовой и тополя гибридного на пылевато-суглинистой почве [144]. При внесении ОСВ в дозах 0, 150 и 300 т/га приживаемость сосны была соответственно 78, 85 и 93%, а тополя – 100, 91 и 98%; ОСВ в дозе 300 т/га ингибировал рост сосны, а рост тополя за 3 года составил 233, 443 и 483 см. В листьях тополя при внесении осадка в дозе 300 т/га была обнаружена высокая концентрация азота и калия, но низкая концентрация цинка. Содержание питательных веществ в почве (N, P, K, Ca) увеличилось в 4...10 раз.

В Германии поставлены опыты по использованию ОСВ на 40-летней плантации сосны смолистой и 36-летней плантации сосны веймутовой [132]. В результате внесения ОСВ в дозах 4...32 т/га снизилась кислотность песчаных почв, повысилось содержание азота, фосфора и других питательных элементов; концентрация тяжелых металлов не превышала ПДК. Биомасса деревьев на опытных плантациях возросла на 32% по сравнению с контролем.

В штате Флорида (США) на 4-летней плантации сосны Эллиотта вносили ОСВ в дозах 10...125 т/га [152, 155]. Использование осадка сточных вод увеличило годовой прирост и объём древесины (на

10...20 см/год, или 0.6...2.2 м³/га/год). При повышенных дозах осадка (100...125 т/га) тормозились рост и развитие древесных растений, возникал риск проникновения нитратов в грунтовые воды, подвижные Р и Zn мигрировали в почве на глубину более 90 см; увеличивалась кислотность почв. В хвое сосны была значительно повышена концентрация азота и фосфора. Опыты показали, что осадок сточных вод необходимо вносить в дозах 10...20 т/га с периодичностью 2...3 года.

В Австралии (штат Виктория) на 1-летних плантациях сосны лучистой в песчаные почвы вносили ОСВ с большим содержанием тяжёлых металлов. ОСВ в дозе 25 т/га был внесён в траншеи на расстоянии 30 см от стволов деревьев. Опытные деревья опережали в росте контрольные: прирост по высоте за 2 года составил соответственно 114 и 93 см [140]. Влияние на экологию леса в целом и рост плантационных хвойных насаждений, в частности, зависит от состава ОСВ, климатических условий, породного состава и возраста древостоя.

Кроме описанных случаев, существуют результаты многочисленных экспериментов по использованию органических отходов при рекультивации техногенно нарушенных земель при различных способах фитомелиорации [26, 27, 45, 53, 122]. Лесные земли, нарушенные при разработке полезных ископаемых, строительстве дорог и других линейных сооружений, как правило, характеризуются низким плодородием и для проведения рекультивационных работ нуждаются в его повышении.

По инициативе ВНИИЛМ в 1962–1965 гг. были заложены опыты по лесной рекультивации на отвалах открытых разработок месторождений фосфоритов в Московской и Брянской областях, бурого угля – в Тульской обл., железной руды – в Курской и Белгородской областях (Курская магнитная аномалия) [122].

На лишенных почвы отвалах вскрышных песчаных пород культуры сосны обыкновенной и других древесных видов отличались малым приростом, особенно в первые 3...5 лет. Сосна на таких бед-

ных почвогрунтах растет по III–IV классу бонитета, а полного смыкания крон не наблюдалось даже в 10...13-летних культурах [59]. В результате покрытия отвалов пород более плодородным искусственным почвогрунтом, в частности глауконитовым песком слоем около 30 см, становится возможным создание продуктивных лесных культур. При выборе ассортимента древесных пород для лесной рекультивации рекомендуется ориентироваться на сосну обыкновенную и ряд интродуцированных видов: кедр сибирский, лиственницу сибирскую, сосну Банкса, березу карельскую. Для лучшей детоксикации отвалов лесные культуры следует создавать не ранее чем через 2...3 года после технического этапа рекультивации [10].

При рекультивации земель лесного фонда, подвергшихся нефтяному загрязнению, в районах нефтедобычи рекомендуется проводить мероприятия, включающие рыхление верхнего слоя почвогрунтов на глубину 15...30 см с внесением торфа или других органических удобрений, а также извести и минеральных удобрений [125].

Успешными оказались начатые нами в 1999 г. опытно-производственные работы по ускоренной лесобиологической рекультивации отвалов фосфогипса (вторичного материала промышленности фосфорных удобрений) в Воскресенском районе Московской обл. Суть их сводится к тому, что на поверхность фитотоксичных отвалов фосфогипса наносится слой искусственного почвогрунта (осадка сточных вод), который в дальнейшем используется для посадки древесных и кустарниковых растений или оставляется для естественного зарастания травянистой растительностью [49].

3. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

В лесных питомниках России ежегодно выращивают 600–800 тыс. шт. сеянцев и саженцев для создания лесных культур – как основного способа активного лесовосстановления [44]. Большая часть питомников находится в зоне низкого почвенного плодородия и эксплуатируется в течение длительного времени. Это негативно влияет на количество и качество посадочного материала, которым в последнее время уделяется все больше внимания [29].

В последние десятилетия во ВНИИЛМ (в условиях Московской обл.) разрабатываются технологии использования органических отходов, в частности ОСВ, для приготовления органоминеральных удобрений с целью повышения плодородия почв на объектах лесовосстановления.

В настоящее время разработаны рекомендации по использованию ОСВ и компостов на их основе в качестве удобрений для лесных питомников. Расчеты показывают (табл. 3), что при внесении ОСВ (например, Рязанского кожевенного завода) в дозе 50 т/га по сухому веществу количество органических веществ, поступающих в почву, эквивалентно дозе низинного торфа 50 т/га. Вносимые с ОСВ минеральные вещества эквивалентны следующим дозам азотных удобрений: аммиачной селитры – 360 кг/га или мочевины – 265 кг/га; фосфорных удобрений – 670 кг/га. Кроме того, вносятся кальций и магний, количество которых в сумме эквивалентно примерно 200 кг/га действующего вещества (CaCO_3).

Однако, поскольку ОСВ очень различаются по химическому составу и степени загрязнения токсичными веществами, для каждого из них перед широким использованием требуется проведение предварительных исследований.

Таблица 3. Сравнение количества элементов минерального питания растений, поступающего в почву с ОСВ и другими видами удобрений

Элемент	Количество вносимого элемента		
	в расчете на единицу осадка	в расчете на 1 га площади	
		по действующему веществу	эквивалент удобрений (в туках)
$C_{орг}$	46.5%	23.2 т	Торф – 50 т
$N_{общ}$	14.5 г/кг	726 кг	–
$N_{орг}$	12.1 г/кг	604 кг	–
$N_{мин}$ ($N-NO_3+N-NH_4$)	2444 мг/кг	122 кг	Аммиачная селитра – 359 кг; мочевина – 265 кг
Подвижный P_2O_5	2688 мг/кг	134 кг	Простой гранулированный суперфосфат – 670 кг
Ca	1116 мг/кг	56 кг	Известь ($CaCO_3$) – 140 кг
Mg	286 мг/кг	14 кг	Известь ($CaCO_3$) – 59 кг

3.1. Опыт применения органических отходов в лесных питомниках открытого грунта

Несмотря на то, что лесные почвы сильно нуждаются в повышении плодородия, применение минеральных и традиционных органических удобрений для этих целей в лесном хозяйстве ограничено из-за их высокой стоимости. Доступными, недорогими и в то же время высокоэффективными средствами повышения плодородия лесных почв могут быть удобрения, приготовленные на основе органических отходов [7].

3.1.1. Влияние осадков сточных вод на грунтовую всхожесть семян хвойных пород

Органические отходы, в частности осадки сточных вод, имеют повышенное содержание растворимых органических соединений и микроэлементов, которые оказывают влияние на прорастание семян древесных растений. Для выяснения влияния различных доз ОСВ, внесенного в почву, на грунтовую всхожесть семян ели обыкновенной (*Picea excelsa*) и сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*), весной 1992 г. был поставлен вегетационный опыт с ОСВ из очистных сооружений Куровского ОЛХ. В опытных вариантах отношение массы почвы к массе внесенного ОСВ составляло 300 : 1 и 60 : 1, что соответствовало внесению его в почву в дозах 10 и 50 т/га соответст-

венно; имелся также вариант смешивания почвы с ОСВ в отношении 1 : 1 по массе. Семена ели и сосны имели всхожесть 99 и 91%, класс качества – 1-й и 2-й (табл. 4).

Опыт был заложен в фанерных ящиках размером 50×50 см и высотой 5 см. Общая масса сухой почвы с осадком составляла 7 кг. В каждом варианте высаживали по 50 семян и заделывали их на глубину 1см; повторность опыта – 5-кратная. Полив проводился из расчета 60% полной влагоемкости 2 раза в неделю; продолжительность опыта – 28 сут.

Результаты эксперимента показали, что в вариантах с внесением в почву осадка сточных вод в дозах 10 и 50 т/га грунтовая всхожесть семян ели увеличилась по сравнению с контролем в среднем на 2.4...4.4%, а семян сосны – на 5.2...13.2 % (табл. 4).

Таблица 4. Грунтовая всхожесть семян ели и сосны в почве, удобренной разными дозами осадка сточных вод, в условиях вегетационного опыта

Вариант опыта		Количество проросших семян, %*	
№ п/п	Отношение массы почвы к массе внесенного ОСВ	Ель	Сосна
1	Контроль (почва без ОСВ)	<u>54.4</u> 42...62	<u>71.2</u> 54...86
2	300:1	<u>58.8</u> 44...72	<u>76.4</u> 68...82
3	60:1	<u>56.8</u> 40...66	<u>84.4</u> 76...90
4	1:1	<u>43.2</u> 36...52	<u>27.2</u> 14...48

*В числителе приведены средние данные из 5 повторений; в знаменателе – пределы колебаний (min...max).

Однако при чрезмерно высоких дозах внесения ОСВ в почву в отношении 1 : 1 по массе (вариант 4), всхожесть семян резко сокращалась: ели – в среднем на 11.2%, а сосны – на 44.0%. Кроме того, отмечено более раннее по сравнению с контролем полегание проростков сосны в варианте 4. Таким образом, результаты опыта свидетельствуют о том, что высокие дозы ОСВ могут быть фитотоксичными для прорастающих семян и проростков.

3.1.2. Полевые опыты с органическими отходами в лесных питомниках

В 1991–2007 гг. нами были проведены полевые опыты с удобрениями на основе органических отходов на дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почвах в лесных питомниках на территории Московской обл. В почву вносили слабозагрязненные токсикантами ОСВ из очистных сооружений г. Куровское и Рязанского кожевенного завода в дозах 20...100 т/га.

В результате опытов было выявлено, что 3-летние сеянцы ели, выращенные на почвах с внесением торфокомпостов с куриным пометом и ОСВ, а также некомпостированного ОСВ, превосходили контрольные по средней высоте стволиков, диаметру корневой шейки и биомассе надземной части и корней на 4...20%. Выход стандартных сеянцев также был больше на 2...12%. С увеличением дозы внесения удобрений на основе органических отходов от 25 до 50 т/га эффективность их заметно повышалась.

Следует отметить положительное воздействие от внесения в почву компоста из древесных опилок и ОСВ. Эффективность их была сравнительно невысокой (на 2...10% по сравнению с контролем). Однако возможность использования в качестве удобрений при лесовосстановлении этих доступных, дешевых и достаточно проблемных в отношении утилизации органических отходов заслуживает особого внимания.

В 1996 г. на мелкоделяночном опытном участке в питомнике Сергиево-Посадского ОЛХ с посевами ели и сосны был внесен торфокомпост с куриным пометом в дозах 25 и 50 т/га. В результате было отмечено улучшение лесорастительных свойств почвы: в пахотном слое снизилась плотность, повысилось содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов (на 5...25%), а также Сорг (на 0.4...1.0%), аммиачного и нитратного азота (на 1...29 мг/кг), подвижного фосфора (на 9...15 мг/кг). Вследствие этого биомасса выращенных сеянцев была на 8...83% выше, чем в контроле на неудобренных делянках (табл. 5). Высота и диаметр стволиков, а также текущий прирост по высоте были больше на 3...18%, а выход стандартных сеянцев увеличился по сравнению с контролем на

33...55% (табл. 6). Сеянцы сосны слабее отзывались на внесение удобрений по сравнению с сеянцами ели.

Таблица 5. Накопление биомассы 2-летними сеянцами ели посева 1996 г. на опытном участке с внесением в почву торфопометного компоста (данные за сентябрь 1997 г.)

Вариант опыта		Воздушно-сухая масса 100 шт. сеянцев, г/%*			
№ п/п	Доза внесенного компоста, т/га	Всего	в том числе		
			хвоя	стволики	корни
1	Контроль (без компоста)	$\frac{34.91}{100}$	$\frac{18.80}{100}$	$\frac{9.11}{100}$	$\frac{7.00}{100}$
2	25	$\frac{37.78}{108}$	$\frac{20.17}{108}$	$\frac{10.32}{113}$	$\frac{7.29}{104}$
3	50	$\frac{63.81}{183}$	$\frac{34.00}{181}$	$\frac{18.67}{205}$	$\frac{11.14}{159}$

*В числителе приведены средние значения из 4-х повторений; в знаменателе – % к контролю.

Таблица 6. Показатели роста 3-летних сеянцев ели посева 1996 г. на опытном участке с внесением в почву торфопометного компоста в питомнике Сергиево-Посадского ОЛХ (данные инвентаризации в октябре 1998 г.)

Вариант опыта		Средние показатели роста сеянцев*			
№ п/п	Доза внесенного компоста, т/га	Высота стволика, см	Прирост стволика по высоте за 1998 г., см	Диаметр корневой шейки, мм	Выход стандартных сеянцев, %
2	25	$\frac{14.4 \pm 0.5}{103}$	$\frac{6.8 \pm 0.5}{114}$	$\frac{2.5 \pm 0.1}{89}$	$\frac{80}{133}$
3	50	$\frac{16.5 \pm 0.7}{118}$	$\frac{7.4 \pm 0.5}{117}$	$\frac{3.2 \pm 0.2}{107}$	$\frac{93}{155}$

*В числителе приведены средние значения из 4-х повторений и их средние квадратические ошибки в абсолютных величинах, в знаменателе – % к контролю.

В том же питомнике 3-летние сеянцы ели, выращенные на почве, удобренной торфопометным компостом и ОСВ в дозах по 60 т/га, имели высоту и диаметр стволиков на 1...16% больше, чем в контроле (табл. 7). Их общая биомасса, особенно масса хвои, еще более превышали аналогичные показатели в контроле (на 23...60%), а выход стандартных сеянцев составлял 73.7...88.0% при 74.7% на контрольных делянках.

Таблица 7. Показатели роста 3-летних сеянцев ели посева 1994 г. на опытном участке с внесением в почву удобрений на основе органических отходов в питомнике Сергиево-Посадского ОЛХ (данные инвентаризации 1996 г.)

Вариант опыта		Средние показатели роста сеянцев*				Выход стандартных сеянцев, %
№ п/п	Удобрение и доза внесения, т/га	Высота стволиков, см	Диаметр корневой шейки, мм	Воздушно-сухая масса 100 шт. сеянцев, г		
				всего	в т.ч. хвоя	
1	Контроль (без удобрений)	$\frac{18.90}{100}$	$\frac{2.43}{100}$	$\frac{57.5}{100}$	$\frac{14.9}{100}$	74.7
2	Торфопометный компост, 60 т/га	$\frac{21.11}{112}$	$\frac{2.81}{116}$	$\frac{75.6}{131}$	$\frac{23.9}{160}$	88.0
3	Осадок сточных вод, 60 т/га	$\frac{19.92}{105}$	$\frac{2.45}{101}$	$\frac{70.6}{123}$	$\frac{21.8}{146}$	73.7

* Приведены средние значения из 3-х повторений: в числителе – в абсолютных величинах, в знаменателе – % к контролю.

В удобренных почвах содержание тяжелых металлов (Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) и мышьяка было значительно ниже ПДК.

Для изучения возможности вымывания вниз по почвенному профилю питательных веществ и тяжелых металлов из пахотного слоя, удобренного ОСВ, в питомнике Куровского ОЛХ на одном из опытных участков в июне 1992 г. были установлены лизиметры на глубине 30 см в 3-кратной повторности. Химический анализ отобранных лизиметрических вод показал, что по сравнению с контрольным вариантом (табл. 8), вследствие внесения ОСВ, значительно повысилась величина рН (на 1.00...1.77 единицы) и в 5...14 раз увеличилась концентрация растворенного органического углерода (Сорг). В вариантах с внесением ОСВ и торфокомпоста на его основе в дозе 50 т/га заметно повысились концентрации нитратного и аммонийного азота (N-NO₃⁻; N-NH₄⁺) и, особенно, серы сульфатов (в 3...5 раз и более). Наибольшее увеличение концентраций растворенного органического вещества и азота отмечено при внесении торфокомпоста с ОСВ в дозе 50 т/га, а концентрации серы – при внесении некомпостированного ОСВ в той же дозе.

Таблица 8. Химический состав лизиметрических вод в полевом опыте с внесением ОСВ в пахотный слой лесного питомника Куровского ОЛХ (сентябрь, 1994 г.)

Вариант опыта		рН	Концентрация химических элементов, мг/л				
№ п/п	Удобрение		C _{орг}	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	Сумма (N-NO ₃)+(N-NH ₄ ⁺)	S
1	Контроль (без удобрений)	4.10	0.006	Следы	0.78	0.78	3.4
2	ОСВ, 10 т/га	5.10	0.028	0.56	Следы	0.56	9.2
3	ОСВ, 50 т/га	5.54	0.028	Следы	1.16	1.16	18.4
4	Торфокомпост с ОСВ, 50 т/га	5.87	0.085	1.13	1.55	2.68	10.7

Вымывание из пахотного слоя растворенных питательных веществ обуславливает их непродуктивные потери, а сульфаты могут стать источником загрязнения подпахотных горизонтов почв питомников и почвенно-грунтовых вод.

По вариантам опыта закономерного изменения концентраций растворенных тяжелых металлов не обнаружено (табл. 9). Однако в варианте с внесением торфокомпоста на основе ОСВ в несколько раз возросли концентрации растворенных в лизиметрических водах меди, цинка, особенно свинца. В целом же следует констатировать, что тяжелые металлы в лизиметрических водах находятся в пределах допустимых концентраций и дополнительное загрязнение ими почвенных вод вряд ли будет существенным.

Таблица 9. Содержание тяжелых металлов в лизиметрических водах в полевом опыте с внесением ОСВ в пахотный слой лесного питомника Куровского ОЛХ (ноябрь, 1993 г.)

Вариант опыта		Концентрация тяжелых металлов в лизиметрических водах, мг/л*					
№ п/п	Удобрение	Кадмий	Никель	Медь	Свинец	Хром	Цинк
1	Контроль (без удобрений)	0.022	0.114	0.321	0.008	0.019	0.112
2	ОСВ, 10 т/га	0.028	0.043	0.121	0.043	0.026	0.027
3	ОСВ, 50 т/га	0.021	0.036	0.153	0.046	0.007	0.082
4	Торфокомпост с ОСВ, 50 т/га	0.019	0.068	0.880	0.155	0.015	0.620

* Анализ лизиметрических вод выполнен в лабораториях отдела экологии леса ВНИИЛМ и НПО «Прогресс».

3.1.3. Полив сеянцев водными экстрактами из свежих растительных остатков

Литературные данные свидетельствуют о том, что одним из перспективных видов местных удобрений на основе органических отходов может быть свежая зеленая масса травянистых растений, в частности сорных трав, при прополке их на грядках, занятых сеянцами и саженцами в лесных питомниках [126]. Существует положительный опыт использования таких органических отходов: по данным О. А. Ганичкиной, очень эффективным оказался полив овощных сельскохозяйственных культур водным экстрактом из свежих сорняков [14].

Этот прием был применен нами в 1997 г. на опытном полигоне в питомнике Сергиево-Посадского ОЛХ для ускорения роста сеянцев ели обыкновенной на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Экстракт готовили в бочке емкостью 100 л. В нее погружали свежескошенные стебли с листьями крапивы и заливали их водой из пруда в отношении 4:1. После настаивания смеси в течение 4...5 сут., а затем процеживания через марлю получали водный экстракт из сорняков. На опытном участке 1- и 2-летние сеянцы ели поливали из лейки один раз в 1 или 2 нед. полученным экстрактом, разбавленным водой в отношении 1:4, 1:1, 4:1 и неразбавленным экстрактом; норма полива составляла 5 и 10 л на 1 м². Период полива длился 55 сут. (с 20 июня по 13 августа).

Полив сеянцев водным экстрактом из свежих сорняков оказался эффективным, несмотря на повышенную влажность весной 1997 г. Испытания физических свойств почвы на опытном участке показали, что они остались такими же, как и на контрольной делянке, но агрохимические свойства её существенно улучшились (табл. 10). Особенно заметным было увеличение содержания в пахотном слое почвы минерального азота при частом (1 раз в неделю) и интенсивном (по 10 л/м²) поливе экстрактом: нитратного азота – от 0.6 до 2.7...3.0 мг/кг, аммонийного азота – от 39.8...41.1 до 49.3...59.0 мг/кг, а их суммы – от 40.4...41.7 до 52.0...61.9 мг/кг. В результате полива экстрактом также несколько повысилось содержание Сорг (на 0.1...0.8%),

подвижного фосфора (в большинстве случаев на 14...30 мг/кг) и, почти во всех вариантах опыта, обменного калия (на 9...37 мг/кг).

Таблица 10. Агрохимические свойства пахотного слоя почвы на опытном участке с поливом семян ели водным экстрактом из свежей зеленой массы сорняков (пробы почвы отобраны 4 сентября 1997 г.)

Вариант опыта		Глубина, см	рН _{KCl}	С _{орг.} %	Содержание подвижных питательных веществ		
№ п/п	Режим полива, поливной раствор				Минеральный азот (N-NO ₃ +N-NH ₄)	Подвижный P ₂ O ₅	Обменный K ₂ O
Без полива							
1	Контроль-0	0...10	6.36	4.19	41.7	140	46
		10...20	6.20	4.14	37.2	129	47
Полив 1 раз в 2 нед. по 5 л/м ²							
2	Вода (контроль-1)	0...10	6.28	4.43	35.6	140	46
		10...20	6.08	4.60	33.3	158	70
3	Экстракт	0...10	6.34	5.26	72.3	127	74
		10...20	6.17	5.34	37.8	141	103
Полив 1 раз в 2 нед. по 10 л/м ²							
4	Вода (контроль-2)	0...10	6.05	4.38	37.5	126	75
		10...20	6.14	4.22	47.2	116	84
5	Экстракт	0...10	6.05	4.41	35.8	128	93
		10...20	6.52	4.16	41.0	140	74
Полив 1 раз в 1 нед. по 5 л/м ²							
6	Вода (контроль-3)	0...10	6.40	3.81	37.6	128	66
		10...20	6.35	3.95	42.4	157	65
7	Экстракт	0...10	6.36	4.44	36.1	158	76
		10...20	6.43	4.18	40.6	176	75
Полив 1 раз в 1 нед. по 10 л/м ²							
8	Вода (контроль-4)	0...10	6.25	4.41	40.4	127	93
		10...20	6.05	4.51	41.7	128	84
9	Экстракт	0...10	6.20	4.67	52.0	116	130
		10...20	6.15	4.54	61.9	142	113

Примечание. рН_{KCl} определяли потенциометрически, содержание С_{орг.} – по Тюрину, минерального азота – по Макарову и Геращенко, подвижного фосфора и калия – по Кирсанову в модификации ЦИНАО.

В результате опыта было установлено, что в большинстве случаев общая биомасса 1-летних семян ели посева 1997 г., поливавшихся водным экстрактом из свежих сорняков, была на 9...24% больше общей биомассы семян ели, поливавшихся чистой водой: масса хвои – на 19...40%, стволиков – на 1...48, корней – на 22...35% (табл. 11).

Таблица 11. Накопление биомассы 1-летними сеянцами ели на участке с поливом водным экстрактом из свежих сорняков

Вариант опыта		Воздушно-сухая масса 100 шт. сеянцев, кг/%*				
№ п/п	Режим полива, поливной раствор	всего	в том числе			
			надземная часть	хвоя	стволики	корни
<i>Опыт с экстрактом, разбавленным водой в отношении 1:4</i>						
<i>Без полива</i>						
1	Контроль–0	3.68	2.84	1.94	0.90	0.84
<i>Полив 1 раз в 2 нед. по 5 л/м²</i>						
2	Вода (контроль–1)	<u>4.58</u> 100	<u>3.48</u> 100	<u>2.52</u> 100	<u>0.96</u> 100	<u>1.10</u> 100
3	Экстракт	<u>4.59</u> 101	<u>3.49</u> 101	<u>2.52</u> 100	<u>0.97</u> 101	<u>1.10</u> 100
<i>Полив 1 раз в 2 нед. по 10 л/м²</i>						
4	Вода (контроль–2)	<u>3.77</u> 100	<u>2.90</u> 100	<u>2.00</u> 100	<u>0.90</u> 100	<u>0.87</u> 100
5	Экстракт	<u>4.47</u> 119	<u>3.71</u> 128	<u>2.38</u> 119	<u>1.33</u> 148	<u>0.76</u> 87
<i>Полив 1 раз в нед. по 5 л/м²</i>						
6	Вода (контроль–3)	<u>4.65</u> 100	<u>3.68</u> 100	<u>2.84</u> 100	<u>0.84</u> 100	<u>0.97</u> 100
7	Экстракт	<u>5.07</u> 109	<u>3.76</u> 102	<u>2.76</u> 97	<u>1.00</u> 119	<u>1.31</u> 135
<i>Полив 1 раз в нед. по 10 л/м²</i>						
8	Вода (контроль–4)	<u>3.86</u> 100	<u>3.00</u> 100	<u>2.10</u> 100	<u>0.90</u> 100	<u>0.86</u> 100
9	Экстракт	<u>4.77</u> 124	<u>3.72</u> 124	<u>2.95</u> 140	<u>0.77</u> 86	<u>1.05</u> 122
<i>Опыт с концентрированным экстрактом; полив 1 раз в неделю по 5 л/м²</i>						
10	Экстракт, разбавленный водой в отношении 1:1	<u>3.46</u> 100	<u>2.82</u> 100	<u>1.70</u> 100	<u>1.12</u> 100	<u>0.64</u> 100
11	Экстракт, разбавленный водой в отношении 4:1	<u>3.66</u> 106	<u>2.85</u> 101	<u>1.96</u> 115	<u>0.89</u> 79	<u>0.81</u> 127
12	Неразбавленный экстракт	<u>4.38</u> 127	<u>3.21</u> 114	<u>2.34</u> 138	<u>0.87</u> 78	<u>1.17</u> 183

*В числителе приведены данные в абсолютных величинах, в знаменателе – % к контролю.

Контрольные (без полива в варианте «контроль–0») сеянцы отставали в росте от поливавшихся чистой водой (в вариантах «контроль – 1...4») на 2...46%.

На другом опытном участке 2- и 3-летние сеянцы ели посева 1996 г. также поливали водным экстрактом из свежескошенной крапивы 1 раз в неделю по 5 л/м². В варианте с поливом концентрированным (неразбавленным) экстрактом сеянцы имели лучшие показатели

роста по сравнению с сеянцами, которые поливали чистой водой. Так, средняя высота стволика и диаметр корневой шейки были больше на 11...24 % (табл. 12), общая воздушно-сухая масса надземной части и корней – на 17...23%, в том числе масса хвои – на 19...34% (табл. 13).

Таблица 12. Показатели роста 2- и 3-летних сеянцев ели посева 1996 г. на опытном участке с поливом водным экстрактом из свежей зеленой массы сорняков

Вариант опыта		Высота стволиков, см/%		Диаметр корневой шейки, мм/%		Выход стандартных сеянцев, %	
№ п/п	поливной раствор	1997 г.	1998 г.	1997 г.	1998 г.	1997 г.	1998 г.
1	Чистая вода (контроль)	7.7 100	14.1 100	1.1 100	2.8 100	0	66
2	Неразбавленный экстракт	8.8 114	15.6 111	1.3 124	3.0 120	3	93

Примечание. В числителе приведены средние значения из 3 повторений в абсолютных величинах, в знаменателе – % к контролю.

Таблица 13. Накопление биомассы 2- и 3-летними сеянцами ели посева 1996 г. на опытном участке с поливом водным экстрактом из свежей зеленой массы сорных трав

Вариант опыта		Воздушно-сухая масса 100 шт. сеянцев в 1997 и 1998 гг., кг/%							
№ п/п	Поливной раствор	Всего		в том числе					
		1997	1998	хвоя		стволики		корни	
				1997	1998	1997	1998	1997	1998
1	Чистая вода (контроль)	<u>30.9</u> 100	<u>186.5</u> 100	<u>17.4</u> 100	<u>73.5</u> 100	<u>7.2</u> 100	<u>59.2</u> 100	<u>6.3</u> 100	<u>53.8</u> 100
2	Неразбавленный экстракт	<u>38.1</u> 123	<u>217.7</u> 117	<u>23.4</u> 134	<u>87.3</u> 119	<u>8.5</u> 119	<u>72.7</u> 123	<u>6.2</u> 98	<u>57.7</u> 107

Примечание. В числителе приведены средние значения из 3 повторений в абсолютных величинах, в знаменателе – % к контролю.

В опытных вариантах часть 2-летних сеянцев ели (2...3%) даже достигла стандартных размеров, тогда как в контроле стандартные сеянцы полностью отсутствовали. На следующий год выход стандартных 3-летних сеянцев в варианте с поливом разбавленным экстрактом составил в среднем 73%, а при поливе неразбавленным экстрактом – 93%, тогда как в контрольном варианте с поливом чистой водой – всего 66% (см. табл.12). На делянках без полива выход стандартных сеянцев был еще на 10% меньше. Поливавшиеся экс-

трактом сеянцы отличались темно-зеленой окраской хвои по сравнению со светло-зеленой хвоей у сеянцев в других вариантах опыта и производственных посевах.

3.2. Использование органических отходов для приготовления субстратов при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой в теплицах

Упрощение технологии лесокультурных работ и несоблюдение требований при выкопке, перевозке и хранении посадочного материала – основные причины гибели лесных культур, особенно в первые годы после посадки. В связи с этим появляется необходимость усовершенствования технологии выращивания посадочного материала для получения большего количества высококачественных сеянцев и саженцев за более короткие сроки и с меньшими финансовыми затратами.

Большие возможности в развитии лесокультурного производства обеспечивает выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой. Наиболее оправдано применение этого приема при получении посадочного материала с улучшенными наследственными свойствами, так как коэффициент полезного использования семян увеличивается с 0.2...0.3 до 0.7...0.8. Посадочный материал с закрытой корневой системой применяют для повышения приживаемости посадок в неблагоприятных лесорастительных условиях или для продления лесокультурного сезона.

Технологии производства посадочного материала с закрытой корневой системой отличаются сравнительно высоким уровнем механизации и автоматизации процессов его выращивания, транспортировки на лесокультурную площадь и посадки. При этом удлиняется период посадки растений в лесу и существенно снижаются затраты ручного труда на трудоемких операциях, ранее выполнявшихся непосредственно в условиях леса.

Посадочный материал с закрытой корневой системой – легкий, компактный, удобный для упаковки и перевозки на любые расстояния. Он имеет гарантированную приживаемость 95...99%. Его по-

садка одинаково результативна с апреля по ноябрь. Использование таких саженцев повышает эффективность создания лесных культур и плантаций, а также их устойчивость к неблагоприятным факторам среды, резко сокращает затраты на уход за посадками. Сортовой посадочный материал обеспечивает многократное превосходство по урожайности и другим полезным свойствам над обычным посадочным материалом [22, 105].

Существенную роль в технологии выращивания сеянцев с закрытой корневой системой играет подбор субстрата. В настоящее время в качестве тепличного субстрата применяют верховой слабо-разложившийся торф, обогащенный минеральными удобрениями.

В 2006–2007 гг. в тепличном комплексе Семеновского спецлесхоза Нижегородской обл. нами изучалась возможность применения в качестве тепличного субстрата различных смесей из ОСВ и изготовленного на их основе органоминерального удобрения «Торфос» для выращивания сеянцев сосны и ели с закрытой корневой системой (рис. 2 и 3) (в постановке полевых опытов в теплице принимала участие старший научный сотрудник ВНИИЛМ Н. В. Пентелькина).

В опытах использовался ОСВ Рязанского кожевенного завода, который представляет собой иловый остаток общетехнологических отходов, образующихся при выделке кож из сыросоленых шкур. Кроме технологических отходов (химреактивов, органики), в нем накапливаются также некоторые тяжелые металлы, входящие в состав реактивов. Химический состав этого ОСВ – сложная смесь, отличающаяся высоким значением рНКСI (от 7.0 до 7.9) вследствие высокого содержания в нем кальция и магния, что позволяет использовать осадок вместо известкового материала при известковании кислых почв. Кроме того, высокий показатель рН осадка, вносимого в кислые почвы, обеспечивает перевод подвижных соединений тяжелых металлов в более труднорастворимые формы, что снижает их токсичность.



Рис.2. Общий вид тепличного комплекса Семеновского спецсемлесхоза Нижегородской обл. (сентябрь 2006 г.)



Рис. 3. Сеянцы сосны в контейнерах в тепличном комплексе Семеновского спецсемлесхоза Нижегородской обл. (сентябрь 2006 г.)

В опытах использовался ОСВ Рязанского кожевенного завода, который представляет собой иловый остаток общетеchnологических отходов, образующихся при выделке кож из сыросоленых шкур. Кроме технологических отходов (химреактивов, органики), в нем накапливаются также некоторые тяжелые металлы, входящие в состав реактивов. Химический состав этого ОСВ – сложная смесь, отли-

чающаяся высоким значением рНКСI (от 7.0 до 7.9) вследствие высокого содержания в нем кальция и магния, что позволяет использовать осадок вместо известкового материала при известковании кислых почв. Кроме того, высокий показатель рН осадка, вносимого в кислые почвы, обеспечивает перевод подвижных соединений тяжелых металлов в более труднорастворимые формы, что снижает их токсичность.

Содержание химических элементов испытывавшегося ОСВ приведено в табл.14 (данные испытательной лаборатории по агрохимическому обслуживанию сельскохозяйственного производства ФГУ «Станция агрохимической службы "Подвязьевская"» от 25.01.2005). Отличительными физическими свойствами данного илового осадка является его высокая водоудерживающая и водопоглотительная способность (влажность его может достигать 80...85% и более), что является положительным при внесении его в почвы легкого гранулометрического состава. Экологическая безопасность использования этого ОСВ при удобрении им почв обеспечивается невысоким содержанием в нем тяжелых металлов.

Агрохимическая характеристика ОСВ из очистных сооружений Рязанского кожевенного завода

Влажность, %	67.0...70.0
Зольность, %	42.3...56.9
рН _{кС1}	7.40...7.90
Общие, %:	
N	2.29...4.32
P ₂ O ₅	0.74...1.12
K ₂ O	0.07...0.17
C, %	21.5...28.8
N-NH ₄ , %	0.34...0.87
C/N	6.3...9.4
Подвижные формы, мг/кг:	
P ₂ O ₅	20.7...21.8
K ₂ O	33.7...34.5

Примечание. Содержание питательных веществ указано в расчете на сухую почву.

Таблица 14. Содержание мышьяка и тяжелых металлов в обезвоженном ОСВ из очистных сооружений Рязанского кожевенного завода

Показатель	Элемент								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Mn	Pb	Zn
Содержание в испытуемом ОСВ, мг/кг	2.5	3.4	380.0	10.0	0.6	3.5	150.0	8.5	25.0
ПДК (ОДК), мг/кг	≤20	≤30	≤1200	≤1500	≤15	≤400	≤2000	≤1000	≤4000

В 2006 и 2007 гг. был осуществлен посев семян сосны и ели в субстраты, приготовленные из торфа и песка. Они содержат разные дозы ОСВ и биологически активного вещества «Торфос», полученного на основе ОСВ. «Торфос» – готовое к применению органическое удобрение. Его рекомендуется использовать под сельскохозяйственные, лесные, садовые и цветочные культуры, в «зеленом» строительстве. Кроме того, его можно применять для рекультивации нарушенных земель в целях повышения плодородия почвы и улучшения ее структуры во всех почвенно-климатических зонах России, а также приготовления различных питательных грунтов путем смешивания с огородной землей в соотношении 1:3...1:4 по объему.

В состав «Торфоса» входят торф, осадок сточных вод и древесные опилки. Массовая доля питательных веществ, мг/кг сухого вещества, не менее: азота общего – 2000; фосфора общего – 600; калия общего – 150.

Физико-химическая характеристика «Торфоса» приведена в табл. 15 (испытания выполнены ФГУ «Станция агрохимической службы "Подвязьевская"», протокол испытания № 59 от 16.08.2006 г.). Все показатели качества и содержание тяжелых металлов в органическом удобрении «Торфос» соответствуют нормативным требованиям, оно пригодно к применению в качестве удобрения. По микробиологическим показателям, патогенной микрофлоре данное удобрение соответствует СанПин 2.1.7.1287–09 и допускается Центром Госсанэпиднадзора г. Рязани к применению и реализации.

Таблица 15. Физико-химическая характеристика «Торфоса»

Показатель	Норма по ТУ	Результат испытаний образца (содержание)	
		в абсолютно сухом веществе	при натуральной влажности
Массовая доля влаги, %	≤ 65	59.1	-
Массовая доля золы, %*	38.8	46.6	-
Кислотность, рН _{сол.}	7.0...8.0	7.8	-
Массовая доля органического углерода (C _{орг.}), %*	10.0	26.7	10.9
Массовая доля питательных элементов, %:*			
общего азота (N)	2.0	4.0	1.6
общего фосфора (P ₂ O ₅)	0.6	0.7	0.3
общего калия (K ₂ O)	0.15	0.3	0.1
Содержание тяжелых металлов, мг/кг:*			
медь	33	10.3	4.2
цинк	55	43.0	17.6
свинец	32	13.8	5.6
кадмий	1.0	0.7	0.3
мышьяк	2.0	Не обнаружено	-

*В расчете на сухое вещество.

Исходный субстрат, используемый по принятой в теплице технологии, обладает очень сильнокислой реакцией (рН_{KCl} 3.80), высоким содержанием органического углерода (32.3%), богат подвижным фосфором (296 мг/кг) и, особенно, обменным калием (812 мг/кг) (табл. 16).

Таблица 16. Агрохимические свойства субстратов в опыте с использованием «Торфоса» в теплице

Вариант опыта		рН _{KCl}	Содержание питательных веществ			Гигроскопическая влажность, %
№п/п	соотношение веществ в смеси		C _{орг.} , %	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг	Обменный калий (K ₂ O), мг/кг	
1	Исходный субстрат (100%)	3.80	32.3	296	812	9.73
2	Торфос:субстрат (1:10)	5.45	30.9	389	827	10.58
3	Торфос:субстрат (1:4)	6.20	32.3	389	747	11.79
4	Торфос:субстрат (1:1)	6.75	26.3	282	673	12.20
5	Торфос:песок (1:4)	7.55	2.14	59	162	1.09
6	Торфос:песок (1:1)	7.60	4.54	87	220	2.47
7	Торфос:песок (4:1)	7.55	6.70	117	338	3.55
8	Торфос (100%)	7.45	22.3	215	842	9.94

Примечание. Содержание C_{орг.} определено методом Тюрина, подвижный фосфор и обменный калий – по Кирсанову (в пробах из вариантов 1...4) и по Мачигину (варианты 5...8); в вариантах опыта 5...8 почва вскипает от 10% HCl.

«Торфос» (проба в варианте 8), в отличие от тепличного субстрата, имеет слабощелочную реакцию (рНКСI 7.45), а также характеризуется высоким содержанием органического углерода (22.3%), подвижного фосфора (215 мг/кг) и очень богат обменным калием (842 мг/кг).

В вариантах с внесением «Торфоса» в субстрат в соотношении от 1:10 до 1:1 кислотность субстрата нейтрализовалась вплоть до нейтральной реакции (рНКСI 6.75); снизилось содержание Сорг. (до 26.3 %) и обменного калия (до 747...673 мг/кг). Содержание подвижного фосфора при небольшом разбавлении субстрата «Торфосом» повысилось (до 389 мг/кг), а при разбавлении 1:1 – снизилось (до 282 мг/кг).

При разбавлении «Торфоса» песком из карьера в соотношении от 4:1 до 1:4 реакция его осталась слабощелочной (рНКСI 7.55...7.60), но содержание Сорг. снизилось до 6.70...2.14 %, подвижного фосфора – до 117...59 мг/кг, а обменного калия – до 338...162 мг/кг. Таким образом, в вариантах опыта, где «Торфос» смешивали с песком, полученный субстрат имел довольно высокий или средний уровень плодородия (см. табл. 16).

При экспериментальных опытах испытывалась возможность использования при выращивании посадочного материала в теплицах субстратов, приготовленных из торфа, песка, «Торфоса» и ОСВ. Посевные кассеты вручную заполняли субстратами, затем в них помещали семена ели и сосны. Семена перед посевом были обработаны стимулятором роста цирконом (1 мл/10 л) и комплексом микроэлементов «Цитовит» (1 мл/л).

Все мероприятия по дальнейшему уходу за сеянцами осуществляли в рамках принятой в лесхозе технологии (полив, подкормка минеральными удобрениями). В конце каждого вегетационного периода (сентябрь) во всех вариантах опыта были отобраны образцы сеянцев (по 100 шт. из каждого варианта) и измерены их биометрические параметры. Определяли средние величины, ошибки средних, относительную ошибку и достоверность различий по критерию Стьюдента на 0.05%-м уровне значимости. Относительная ошибка

во всех опытных вариантах составила менее 2%, что свидетельствует о высокой точности опыта.

Близкие к контролю результаты по всхожести семян сосны обыкновенной были получены в вариантах с использованием «Торфоса» с торфом в соотношении 1:50 и 1:10, а также «Торфоса» с песком в соотношении 1:100 и 1:25 (табл. 17).

Таблица 17. Выход и высота сеянцев сосны, выращенных на различных субстратах (данные полевого опыта 2007 г.)

№ п/п	Вариант опыта Состав субстрата	Выход сеянцев		Высота сеянцев		t _{факт.} **
		тыс. шт. в 1 тыс. кассет	% высеянных семян	см (X±s)	% к конт- ролю*	
<i>Контрольные варианты</i>						
1-К	Контроль–1 (субстрат, применяемый в теплице)	47	96	3.7±0.06	100	-
2-К	Контроль–2 (торф чистый)	39	80	3.6±0.15	97	0.63
3-К	Контроль–3 (песок чистый)	44	90	4.0±0.11	108	2.71
<i>Варианты с внесением смесей с участием «Торфоса»</i>						
4	«Торфос»: торф (1:100)	25	51	2.3±0.14	62	8.47
5	«Торфос»: торф (1:50)	44	90	4.2±0.09	114	4.44
6	«Торфос»: торф (1:25)	42	86	3.3±0.13	89	3.02
7	«Торфос»: торф (1:10)	45	92	3.4±0.11	92	2.36
8	«Торфос»: песок (1:100)	46	94	3.7±0.09	100	0.25
9	«Торфос»: песок (1:50)	23	47	3.4±0.16	92	1.47
10	«Торфос»: песок (1:25)	45	92	4.2±0.09	114	4.85
11	«Торфос»: песок (1:10)	30	61	3.9±0.13	105	1.58
<i>Варианты с внесением ОСВ</i>						
12	ОСВ: торф (1:100)	43	88	3.5±0.12	95	1.36
13	ОСВ: торф (1:50)	38	78	4.1±0.13	111	2.78
14	ОСВ: торф (1:25)	41	84	3.2±0.11	86	3.43
15	ОСВ: торф (1:10)	19	39	2.6±0.11	70	8.63
16	ОСВ: песок (1:100)	42	86	4.0±0.11	108	2.71
17	ОСВ: песок (1:50)	48	98	4.1±0.09	111	3.77
18	ОСВ: песок (1:25)	42	86	3.0±0.09	81	5.79
19	ОСВ: песок (1:10)	16	33	2.1±0.07	57	16.01
<i>Варианты с внесением чистых ОСВ и «Торфоса»</i>						
20	«Торфос»	33	67	4.3±0.15	116	3.62
21	ОСВ	0	0	-	-	-

*За контроль принят вариант 1-К (субстрат, применяемый в теплице).

**Приведены фактические значения коэффициента Стьюдента; стандартное значение коэффициента Стьюдента принято равным 2.00.

Внесение «Торфоса» в торф в соотношении 1:50 и «Торфоса» в песок в соотношении 1:25 положительно повлияло на рост сеянцев сосны. Высота опытных растений была выше контрольных на 14%. Максимальная высота опытных сеянцев – 4.3 см (в контроле 3.7 см) – отмечена в варианте с чистым «Торфосом». Различие составило 16%, но всхожесть высеянных семян при этом снизилась до 67%.

Положительные результаты получены также при использовании ОСВ в сочетании с песком в отношении 1:50. В данном варианте зафиксирована наибольшая всхожесть – 98% сеянцев от общего числа высеянных семян. При этом высота сеянцев превышала контрольные показатели (на субстрате, используемом в теплице) на 11%.

По результатам опытов была рассчитана экономическая эффективность применения ОСВ и «Торфоса» для подготовки тепличного субстрата при выращивании сеянцев сосны с закрытой корневой системой. Поскольку затраты на полив сеянцев, применение минеральных подкормок, поддержание оптимальной температуры и влажности воздуха в теплице и другие меры ухода за сеянцами были одинаковыми для опытных вариантов и контрольного (базового), то их при расчете не учитывали. Результаты показали, что для приготовления тепличного субстрата экономически невыгодно применять один торф или «Торфос», а также их смеси. Причинами этого являются как низкий выход посадочного материала в данных вариантах, так и высокая стоимость «Торфоса».

В тех вариантах опыта, где для приготовления тепличного субстрата применяли песок из карьера в смеси с «Торфосом» или ОСВ, получен существенный экономический эффект – от 2.0 до 10.1 тыс. руб./тыс. кассет. В этих вариантах был такой же высокий выход посадочного материала (до 92% от числа высеянных семян), как и в базовой технологии (до 96%). В варианте с песком и ОСВ он оказался даже несколько выше (до 98%), чем в контроле (см. табл. 17).

В последних 3-х вариантах опыта (17–19) основной экономический эффект получен за счет меньших затрат на приготовление тепличного субстрата из таких дешевых материалов, как песок и ОСВ.

Дополнительная прибыль от выращивания сеянцев на субстрате из смеси песка с ОСВ в соотношении 50:1 (по сравнению с базовой технологией) достигала наибольшей величины – более 10 тыс. руб./тыс. кассет.

Ежегодный выход сеянцев с закрытой корневой системой в теплице за 2 ротации составляет около 660 тыс. шт., выращиваемых в 13.5 тыс. кассет. Если все эти кассеты заполнить опытным субстратом, то суммарный экономический эффект, по сравнению с базовой технологией, составит около 135 тыс. руб. Кроме того, за счет использования песка вместо торфяного субстрата можно сэкономить около 80 т торфа и утилизировать около 2.7 т осадка сточных вод.

Такие тепличные субстраты, приготовленные из дешевых, экономически выгодных и достаточно эффективных биологических материалов (осадка сточных вод и песка), мы рекомендуем к внедрению в производство.

3.3. Использование органических отходов при выращивании саженцев

Анализ литературных источников свидетельствует о широком применении компостов на основе навоза, куриного помета, древесных опилок и коры, гидролизного лигнина, осадков сточных вод и других органических отходов сельского хозяйства, промышленности и коммунального хозяйства.

Нами были заложены опытные участки в школьном отделении лесного питомника Сергиево-Посадского опытного лесхоза (в настоящее время Сергиево-Посадское лесничество), а также в питомнике Правдинского лесхоза-техникума Московской обл.

В полевых опытах применяли разные дозы осадков сточных вод из очистных сооружений Рязанского кожевенного завода (характеристика ОСВ приведена в п. 3.2).

Опытный участок 1п был заложен 2 июня 2004 г. в питомнике Правдинского лесхоза-техникума на среднеокультуренной супесчаной дерново-подзолистой почве. Под посадку 2-летних сеянцев ели на двух грядах в почву был внесен вручную свежий некомпостиро-

ванный осадок сточных вод в следующих дозах (из расчета по сухому веществу): 1) 0 (контроль), 2) 25 т/га, 3) 50 т/га и 4) 100 т/га. ОСВ заделывали в пахотный слой почвы фрезой на глубину около 13...15 см. Каждый вариант опыта представлял собой отрезок гряды длиной 3 м; сеянцы (средняя высота – 16...18 см и диаметр – 3.4...4.0 мм) были высажены на расстоянии 13...15 см в 4 ряда; расстояние между строчками – 20...22 см. Опытные делянки отделяли друг от друга защитными полосами такой же длины (3 м). Повторность опыт – 2-кратная; количество учетных саженцев в каждом варианте составляет 100...110 экз.

Данные химического анализа показывают, что почва на опытном участке 1п в лесопитомнике Правдинского лесхоза-техникума характеризуется средним уровнем плодородия (табл. 18). Кислотность почвы на контрольной делянке близка к нейтральной (pH_{KCl} 6.70); содержание гумуса среднее (2.22%), подвижных фосфора и калия – 94 и 142 мг/кг соответственно. На делянках с внесением ОСВ в дозах от 25 до 100 т/га агрохимические свойства почвы заметно улучшились: соответственно внесенным дозам удобрения значение pH_{KCl} повысилось на 0.6...0.7 ед., $C_{орг}$ – с 1.29 до 1.56...2.05%. Немного снизилось содержание подвижного фосфора (возможно это объясняется иной методикой его определения).

Таблица 18. Агрохимические свойства среднесуглинистой дерново-подзолистой почвы в пахотном слое
(пробы почвы отобраны 1 ноября 2006 г.)

Вариант опыта		pH_{KCl}	Содержание питательных веществ				Гигроскопическая влажность, %
№ п/п	Доза ОСВ, т/га		Гумус	$C_{орг}$	Подвижный фосфор (P_2O_5)	Обменный калий (K_2O)	
			по Тюрину, %		по Кирсанову в модификации ЦИНАО, мг/кг		
1	0 (контроль)	6.70	2.22	1.29	94	142	1.53
2	25	7.30	Не опр.	1.56	46*	199*	1.61
3	50	7.35	То же	1.86	50*	175*	1.66
4	100	7.40	-«-	2.05	44*	114*	1.86

* В данных пробах почвы содержание подвижных фосфора и калия определено по методу Мачигина, так как почва вскипает от 10%-й HCl.

Вычисленные расчетным методом концентрации тяжелых металлов в удобренной почве на опытном участке 1п в лесном питомнике Правдинского лесхоза-техникума значительно ниже величин ПДК или ОДК (табл. 19). Это свидетельствует о том, что во всех вариантах опыта в результате внесения ОСВ существенного загрязнения почвы не произошло.

Таблица 19. Расчетные концентрации тяжелых металлов в удобренной ОСВ супесчаной дерново-подзолистой почве в варианте 4 (100 т/га)

Показатель	Содержание элементов, мг/кг				
	Кадмий	Медь	Никель	Свинец	Цинк
Фоновое содержание элемента в почве	0.03	1.8	1.0	2.2	11.6
Содержание элемента в ОСВ	3.4	10.0	3.5	8.5	25.0
Количество элемента, дополнительно внесенное в почву с ОСВ	0.12	0.4	0.2	0.2	0.8
Содержание элемента в почве после внесения ОСВ	0.15	2.2	1.2	2.4	12.4
ПДК (ОДК) элемента в почве	0.5	33	20	32	55

Изучение некоторых показателей роста саженцев ели на опытном участке 1п в лесном питомнике Правдинского лесхоза-техникума (табл. 20) показывает, что в опытных вариантах с внесением ОСВ в дозе 25 т/га (вариант 2) в течение 2004 г. саженцы росли несколько хуже, чем на контрольных делянках.

Таблица 20. Показатели роста саженцев ели

Вариант опыта		Средний диаметр корневой шейки, мм*		Средняя высота стволика, см, по датам измерений*				Средний текущий прирост по высоте, см, за годы*			
№ п/п	Доза ОСВ, т/га	5.10.2004	23.10.2006	2.06.2004	5.10.2004	11.05.2006	23.10.2006	2004	2005	2006	2004–2006
1	0 (без ОСВ)	<u>3.4</u> 100	<u>9.5</u> 100	<u>16.1</u> 100	<u>16.9</u> 100	<u>34.0</u> 100	<u>57.5</u> 100	<u>0.8</u> -	<u>17.1</u> 100	<u>23.5</u> 100	<u>41.4</u> 100
2	25	<u>4.0</u> 118	<u>9.0</u> 95	<u>17.6</u> 109	<u>18.2</u> 108	<u>33.4</u> 98	<u>56.2</u> 98	<u>0.6</u> -	<u>15.2</u> 86	<u>22.8</u> 97	<u>38.6</u> 93
3	50	<u>3.5</u> 103	<u>7.8</u> 82	<u>16.4</u> 102	<u>17.6</u> 104	<u>31.7</u> 93	<u>48.5</u> 84	<u>1.2</u> -	<u>11.7</u> 71	<u>16.8</u> 71	<u>29.7</u> 72
4	100	<u>4.0</u> 118	<u>8.2</u> 86	<u>18.4</u> 114	<u>19.7</u> 117	<u>35.5</u> 104	<u>55.5</u> 97	<u>1.3</u> -	<u>15.8</u> 86	<u>20.0</u> 85	<u>37.1</u> 90

*В числителе приведены данные в абсолютных единицах, в знаменателе – % к контролю.

В 2005 и 2006 гг. саженцы ели во всех опытных вариантах с внесением ОСВ имели заметно более низкие значения среднего диаметра корневой шейки, средней высоты растений и, особенно, среднего прироста по высоте. В среднем за период наблюдений в 2004–2006 гг. средний прирост саженцев ели в вариантах с внесением ОСВ (варианты 2–4) был на 7...18% ниже, чем в контроле.

Негативное воздействие ОСВ на саженцы ели объясняется тем, что на данном опытном участке в почву был внесен свежий осадок сточных вод, оказавший токсичное влияние на приживаемость тонких корней саженцев и их рост в первые годы после посадки (2004–2006 гг.).

Однако следует отметить, что на удобренных осадком делянках саженцы ели имели темно-зеленую окраску, тогда как в контроле – желтовато-зеленую. Это позволяет надеяться на то, что впоследствии удобренные саженцы будут расти лучше, чем в контроле. Тем не менее, данный опыт показал, что ОСВ следует вносить не в свежем виде, а только после выдерживания их в отвалах в течение 1...2 лет или компостирования.

В школьном отделении питомника Сергиево-Посадского ОЛХ на неокультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в мае 2004 г. был заложен аналогичный полевой опыт на опытном участке 2п. Под посадку 3-летних сеянцев ели, в отличие от эксперимента на опытном участке 1п, вносили выдержанный в течение года в отвалах осадок сточных вод; в качестве контроля служил вариант с внесением торфа. Средняя высота сеянцев варьировала в пределах 23...26 см, средний диаметр корневой шейки – 3.5...4.4 мм. Схема опыта была такой же; повторность – 3-кратная.

На данном участке почва характеризовалась средним уровнем плодородия (табл. 21): на контрольных делянках она имеет близкую к нейтральной реакцию (pH_{KCl} 5.60) и среднее содержание гумуса (1.99 %); содержание подвижного фосфора низкое (50 мг/кг), а обменного калия – высокое (258 мг/кг).

В результате удобрения почвы осадком сточных вод в дозах 25...100 т/га по сухому веществу агрохимические свойства ее заметно улучшились: реакция стала нейтральной (рН_{KCl} 6.30...6.60), Сорг повысился с 1.15 до 1.64...3.13% (в 1.4...2.7 раза); содержание подвижного фосфора сохранилось на исходном низком уровне (25...35 мг/кг), а обменного калия – на высоком уровне (208...319 мг/кг).

Таблица 21. Агрохимические свойства пахотного слоя среднесуглинистой дерново-подзолистой почвы

(пробы почвы отобраны 1 ноября 2006 г.)

Вариант опыта		рН _{KCl}	Содержание питательных веществ				Гигроскопическая влажность, %
№ п/п	Доза ОСВ, т/га		Гумус	С _{орг}	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	Обменный калий (K ₂ O)	
			по Тюрину, %		по Кирсанову в модификации ЦИНАО, мг/кг		
1	0 (контроль)	5.60	1.99	1.15	50	258	1.98
2	25	6.55	Не опр.	1.64	32*	307*	2.32
3	50	6.30	То же	2.62	25*	208*	2.75
4	100	6.60	-«-	3.13	35*	319*	2.76

* В данных пробах почвы содержание подвижных фосфора и калия определено по методу Мачигина, так как почва вскипает от 10%-й HCl.

Результаты измерений параметров роста саженцев ели на опытном участке 2п за 2004–2006 гг. приведены в табл. 22. Получены убедительные экспериментальные данные, свидетельствующие о положительном действии выдержанного в отвалах осадка сточных вод на состояние саженцев. Во всех вариантах опыта, по сравнению с контролем, при внесении в почву ОСВ показатели роста растений повышались: средний диаметр корневой шейки саженцев – на 11...26%, средняя высота – на 4...27%, средний текущий прирост стволиков по высоте – на 8...70%.

Наилучшие показатели роста саженцев наблюдались в конце вегетационного периода 2006 г. Максимальный положительный эффект отмечен в варианте с внесением наибольшей дозы ОСВ – 100 т/га из расчета на сухое вещество.

В конце первого после посадки растений вегетационного периода на опытном участке 2п была определена масса надземной части и корней 1-летних саженцев ели.

Таблица 22. Показатели роста саженцев ели

Вариант опыта		Диаметр корневой шейки, мм*		Средняя высота стволика, см, по датам измерений*				Средний текущий прирост по высоте, см, за годы*			
№ п/п	Доза ОСВ, т/га	15.10.2004	1.11.2006	14.05.2004	15.10.2004	12.05.2006	1.11.2006	2004	2005	2006	2004–2006
1	0 (без ОСВ)	<u>3.5</u> 100	<u>6.4</u> 100	<u>16.7</u> 100	<u>23.3</u> 100	<u>28.0</u> 100	<u>36.1</u> 100	<u>6.6</u> 100	<u>4.7</u> 100	<u>8.1</u> 100	<u>19.4</u> 100
2	25	<u>3.9</u> 111	<u>7.1</u> 111	<u>17.6</u> 105	<u>24.7</u> 106	<u>29.9</u> 107	<u>40.9</u> 113	<u>7.1</u> 108	<u>5.2</u> 111	<u>11.0</u> 136	<u>23.3</u> 120
3	50	<u>4.4</u> 126	<u>7.6</u> 119	<u>17.5</u> 105	<u>25.2</u> 108	<u>30.9</u> 110	<u>42.4</u> 117	<u>7.7</u> 117	<u>5.7</u> 121	<u>11.5</u> 142	<u>24.9</u> 128
4	100	<u>4.4</u> 126	<u>7.5</u> 117	<u>17.8</u> 107	<u>26.0</u> 112	<u>34.0</u> 121	<u>45.9</u> 127	<u>8.2</u> 124	<u>8.0</u> 170	<u>11.9</u> 147	<u>28.1</u> 145

* В числителе приведены данные в абсолютных единицах, в знаменателе – % к контролю.

Общая средняя воздушно-сухая биомасса 1 саженца (вместе с корнями) в контроле составляла 5.61 г (табл. 23). В вариантах с внесением в почву ОСВ в дозе 25 т/га она увеличилась на 5%, 50 т/га – на 19 и в дозе 100 т/га – на 29%. С возрастанием дозы ОСВ наблюдалось, как правило, аналогичное возрастание массы отдельных частей растений: надземной части (варианты 3 и 4), в том числе хвои (варианты 3 и 4) и корней (варианты 2–4), в том числе сосущих (варианты 2–4). Исходя из проведенных исследований, можно сказать, что более отзывчивой на внесение ОСВ в почву является подземная часть биомассы растений.

Таблица 23. Масса 1-летних саженцев ели (3+1)

(пробы саженцев отобраны 15 октября 2004 г.)

Вариант опыта		Средняя воздушно-сухая масса 1 саженца, г*				общая биомасса
№ п/п	Доза ОСВ, т/га	надземной части		корней		
		всего	в т.ч. хвои	всего	в т.ч. сосущих	
1	0 (контроль)	<u>4.57</u> 100	<u>2.15</u> 100	<u>1.04</u> 100	<u>0.29</u> 100	<u>5.61</u> 100
2	25	<u>4.44</u> 97	<u>2.07</u> 96	<u>1.44</u> 114	<u>0.45</u> 155	<u>5.88</u> 105
3	50	<u>5.51</u> 121	<u>2.75</u> 128	<u>1.19</u> 114	<u>0.46</u> 159	<u>6.70</u> 119
4	100	<u>5.66</u> 124	<u>2.93</u> 136	<u>1.60</u> 154	<u>0.43</u> 148	<u>7.26</u> 129

* В числителе приведены данные в абсолютных единицах, в знаменателе – % к контролю.

3.4. Использование компостов на основе органических отходов в лесных питомниках

Компосты представляют собой удобрения, полученные в результате разложения различных органических соединений под влиянием деятельности микроорганизмов. В процессе компостирования на 3–4-й день после укладки готовой смеси в штабель температура в ней поднимается до 60...70 °С, что обеспечивает практически полную гибель яиц гельминтов и ряда возбудителей инфекционных болезней [4, 41].

Компостирование органических отходов в полевых условиях в местах использования производится тремя способами: послойным, очаговым или площадным [4].

Для компостирования чаще всего применяют торф, а также навоз, птичий помет, навозную жижу, фекалии, различные сельскохозяйственные, промышленные и коммунальные отходы. На лесокультурных площадях используют следующие основные виды компостов: торфонавозные, торфожижевые и торфофекальные, торфопометные, навозно-фосфоритные (можно использовать как навоз крупного рогатого скота, так и свиней), торфоминерально-аммиачные и др.

Практически все виды компостов можно приготовить послойным способом – в кучах, буртах или штабелях. Продолжительность компостирования зависит от состава компостных смесей и сезона года. Она варьирует от 1...3 мес. (для торфожижевых, торфоминерально-аммиачных компостов) до 6...8 мес. (для торфодерновых, коровых компостов), а в некоторых случаях может увеличиваться до 1...2 лет. В летнее время компосты обычно созревают в течение 3...4 мес., в зимнее – в течение 5...8 мес.

Лучший срок закладки компостов – май–июнь. Внутри куч, буртов или штабелей необходимо поддерживать умеренную влажность (50...70% влагоемкости) и обеспечивать достаточный доступ воздуха, что достигается оптимальными размерами куч и периодическим перемешиванием смеси, при необходимости с одновременным поливом. Оптимальную влажность в процессе компостирования можно

поддерживать с помощью мульчирования поверхности штабеля (торфяной крошкой или опилками). Такие приемы помогают снизить газообразные потери азота и других питательных элементов.

Целесообразно ежемесячно осуществлять перебуртовку штабелей бульдозером или экскаватором.

Используемые как органические удобрения компосты хранят без уплотнений в штабелях высотой 2.0...2.5 м, ширина по низу – 7...8 м, по верху – 3...4 м.

Компосты из птичьего помета и коры или других древесных отходов можно также приготовить послойным способом, но более эффективно компостные смеси для лучшего перемешивания пропустить 2 раза через разбрасыватель удобрений типа РОУ-6 или ПРТ-10 и бульдозером сгрести в бурты.

Торфожижевые и торфофекальные компосты готовят следующим образом. Торф укладывают в 2 смежных вала высотой 40–50 см, соединенных на концах, заполняют углубление между ними жижой или фекалиями и, после впитывания торфом жидкости, сгребают его в штабель.

Площадным способом готовят навозно-земляные компосты: навоз из расчета 50...80 кг/м² завозят на площадку, разбрасывают, дискуют вместе с почвой и бульдозером сдвигают в штабель. Если почва на площадке уплотнена, то перед укладкой навоза ее дискуют на глубину 8...10 см. Площадки для компоста лучше всего располагать в самом питомнике.

Компосты из городского мусора готовят в траншеях шириной 3 м и глубиной 0.5 м. После заполнения траншеи мусором до высоты 0.75...1.0 м на штабель укладывают вынутую при рытье траншеи землю слоем 15...20 см. На 3–4-е сутки после укладки штабелей температура компостных смесей в результате разложения органических веществ поднимается до 60...70 °С. Повышение температуры способствует обеззараживанию готовящегося компоста. Однако полного обеззараживания добиться трудно, поскольку невозможно обеспечить равномерность нагревания (от центра штабеля к периферии), а также из-за высокой термоустойчивости покоящихся форм

микроорганизмов. Поэтому целесообразно дополнительно протравливать такие компосты, что обеспечивает одновременно и уничтожение находящихся в них семян сорных растений.

При приготовлении коровых компостов используют дробленую древесную кору или кору, складированную в кучах не менее 3...4 лет.

Свежую кору измельчают роторно-молотковой корорубкой или механизмами для дробления твердых кормов типа «Волгарь-5» и КДУ-2.0. Кора должна содержать не более 40% частиц размером от 1 до 4 см. На 1 м³ коры добавляют 4...5 кг мочевины и 1.5...2 кг двойного суперфосфата. Для ускорения компостирования в смесь можно также добавлять навозную жижу, сапрпель, ОСВ и другие биологически активные вещества с высоким содержанием азота.

Коро-пометные удобрения для лесных культур получают при компостировании коры с птичьим пометом в соотношении от 2:1 до 4:1 по массе в зависимости от влажности и содержания азота в помете (от 3 до 6%). Вместо коры можно применять и другие древесные отходы – опилки, одубину, гидролизный лигнин.

Осадки сточных вод можно компостировать с торфом, навозом, твердыми бытовыми отходами, опилками, древесной корой в соотношении 1:1 или 1:2 по объёму. Компостирование ОСВ с древесной корой проводят без добавления минеральных удобрений, а высокая гигроскопичность коры позволяет использовать осадки без предварительной подсушки [79, 81,86].

Исследования В. А. Касатикова [34] показывают, что при компостировании с различными видами органических удобрений (торфом, лигнином, древесной корой, опилками и др.) улучшаются физические и товарные, а также экологические свойства осадка сточных вод и получаемого из него компоста. При этом, однако, может наблюдаться снижение агрономической ценности компоста, определяемой соотношением N:P₂O₅:K₂O. Так, при компостировании безреагентных ОСВ с торфом в торфоиловом компосте общие формы азота и фосфора снижаются на 24 и 52% соответственно, содержание калия уменьшается на 35%. Наряду с изменением макроэлементного состава ОСВ, при производстве на их основе органических

удобрений снижается валовое содержание тяжёлых металлов и степень их доступности для растений. В торфоиловом компосте содержание Cd, Cu, Ni, Cr и Zn снижается в 1.8...3.6 раза, что стало основанием для рекомендации использовать удобрения на основе ОСВ в лесных питомниках в дозах 60...80 т/га по сухому веществу.

Компосты из осадков сточных вод и лигнина в соотношении 1:1 являются наиболее ценными органическими удобрениями на основе осадков. Компосты из древесной коры и ОСВ готовят в соотношении 1:1 или 2:1, а торфокомпосты с ОСВ – при соотношении торфа и осадка 1:1 или 2:1. При компостировании в смеси обычно рекомендуется добавлять органические остатки – например, собранные при прополке в посевных и школьных отделениях питомников свежие сорняки (не достигшие стадии созревания семян), листья и ветки (обрезь), полученные при обрезке деревьев и кустарников и т.д. Однако приготовленные компостные смеси еще не являются настоящими компостами: они должны пройти стадию компостирования, т.е. разложения микроорганизмами содержащихся в них свежих органических веществ.

На некоторых очистных сооружениях для компостирования осадков сточных вод используют принудительное аэрирование. В этом случае в основание штабеля укладывают перфорированные пластиковые трубы, по которым подаётся воздух. Таким образом создаются благоприятные условия для размножения бактерий, участвующих в разложении осадка, а температура в компостируемой массе может достигать 80 °С [73, 76, 77, 82, 120].

Целесообразно проводить послойное компостирование ОСВ с последующей заделкой их в почву фрезой. Это создает эффективный баланс почвы, осадка, воздуха и влаги и не наносит вред урожаю даже при высоких дозах [142].

В США при компостировании осадков добавляют различные растительные остатки, снижающие концентрации тяжелых металлов. Так, при добавлении к осадку шелухи арахиса, древесной стружки и листьев содержание меди в среднем снижается с 420 до 300...65 мг/кг, свинца – с 425 до 290, кадмия – с 10 до 7.4 мг/кг [114].

Для ускорения компостирования применяют специальные био-реакторы и другие приспособления, обеспечивающие максимальное контролирование условий процесса. Перспективно также использовать дождевых червей, в частности красного калифорнийского червя. Помещенные в компостную смесь черви быстро размножаются и активно перерабатывают органические остатки. При этом они не только значительно ускоряют процесс компостирования, но и добавляют в компосты свои органические выделения, существенно повышая их удобрительную ценность. Обработанные червями компосты называют «вермикомпостами», по качеству они эффективнее навоза и многих других удобрений.

Высокая эффективность вермикомпостирования отмечена многими исследователями: дождевые черви способны аккумулировать в себе тяжелые металлы. Удаление червей из вермикомпоста позволяет снизить содержание тяжелых металлов более чем 2...3 раза. Содержащиеся в вермикомпостах микроорганизмы также способствуют переводу тяжелых металлов в малоподвижные соединения. Под сельскохозяйственные культуры вермикомпосты вносят в дозах 10...25 т/га; опыт применения их в лесном хозяйстве нашей страны отсутствует [17, 73].

Технология приготовления компостов на основе торфа, куриного помета, ОСВ и древесных опилок нами отработывалась в питомнике Сергиево-Посадского ОЛХ.

Так, летом 1995 г. был заложен торфокомпост из торфа, ОСВ очистных сооружений г. Софрино, древесных опилок и свежих сорных трав, собранных при прополке посевных гряд (не достигших стадии созревания семян). Соотношение этих составных частей по объему составило 6.0:2.2:1.9:1.0 (около 7.1:4.0:2.3:1.0 по массе соответственно).

Компост заложили послойным способом (рис. 4–6) с помощью ковшового погрузчика-экскаватора, трактора с прицепом и бульдозера.

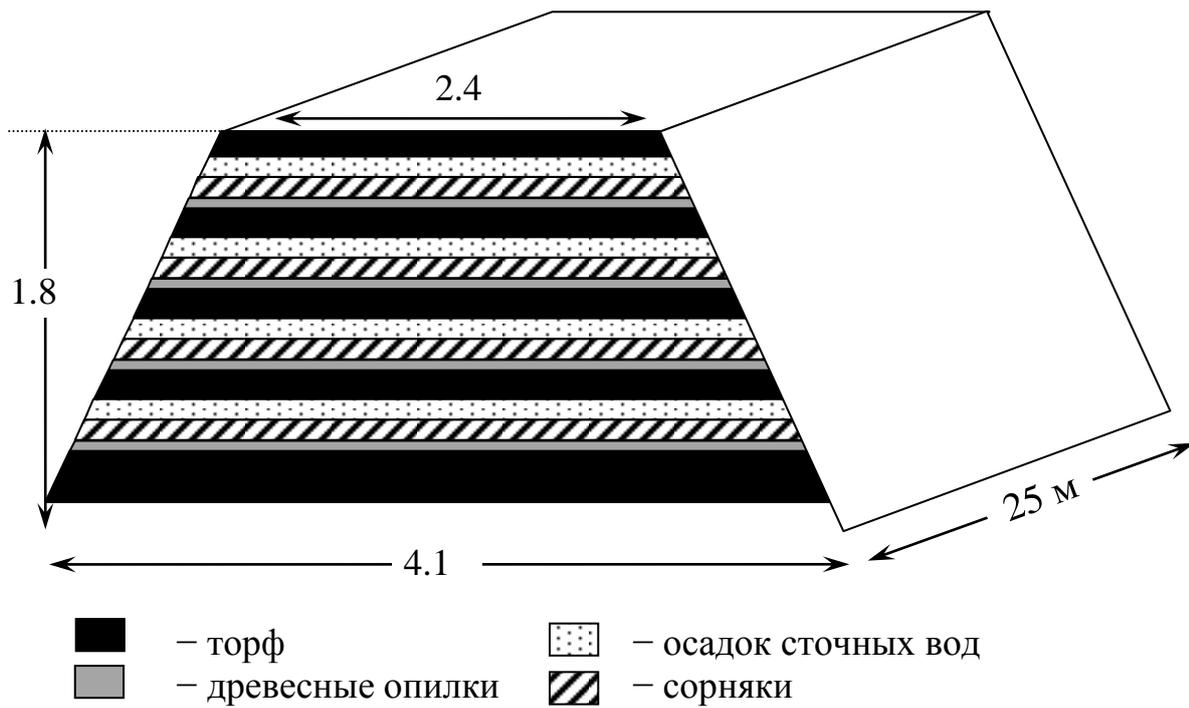


Рис. 4. Схема строения (поперечный разрез) компостного бурта, заложеного летом 1995 г. в лесном питомнике Сергиево-Посадского ОЛХ, с расположением в нем слоев компостной смеси



Рис. 5. Приготовление торфокомпоста с осадком сточных вод в лесном питомнике Сергиево-Посадского ОЛХ



Рис. 6. Готовый компостный бурт с ОСВ в лесном питомнике Сергеево-Посадского ОЛХ

Компостная смесь была уложена в виде бурта шириной в основании 4.1 м, а по верху – 2.4 м, высотой 1.8 м и длиной около 25 м. Каждый набор слоев компостной смеси проливали водой из пожарной машины в количестве 2 м³; всего на увлажнение смеси было израсходовано около 8 м³ воды. Объем компостного бурта составил около 120 м³, а общая масса – 125 т. Продолжительность компостирования – 4 мес. В течение компостирования смесь дважды (в августе и сентябре) перемешивали путем перемещения бурта экскаватором с одного места на другое и обратно. Температура внутри бурта в первые две недели компостирования поднималась до 60°.

Проведенные практические работы подтвердили возможность использования указанных местных удобрений в целях приготовления компостов, которые были использованы для повышения плодородия почв в лесных питомниках.

4. ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДРОДИЯ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ СОСНЫ С ПОМОЩЬЮ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Продуктивность лесосеменных плантаций (ЛСП), урожайность и качество семян в значительной степени определяются уровнем почвенного плодородия. Однако плантации сосны обычно располагаются на почвах легкого гранулометрического состава, бедных органическими веществами и элементами минерального питания растений, что обуславливает необходимость внесения в почву органических и минеральных удобрений [40, 75, 88].

В настоящее время накоплен большой опыт применения минеральных удобрений на лесосеменных плантациях. Под влиянием удобрений улучшается рост и развитие хвойных пород, усиливается женское и мужское цветение, уменьшается опад завязей и шишек, увеличивается количество плодоносящих деревьев, повышается выход полнозернистых семян. Удобрения в водных растворах менее эффективны, чем сухие. Использование минеральных удобрений в больших дозах ($N_{100...150}$ $P_{100...150}$ $K_{100...150}$) благоприятно сказывается на химическом составе хвои и плодоношении сосны [5, 75, 88].

4.1. Улучшение лесорастительных свойств почв на плантациях

В 1993–1999 гг. нами были проведены полевые опыты по внесению в почву осадков сточных вод на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной в Куровском опытном лесосеменном лесхозе Московской обл. [40]. Почвы на плантациях дерново-подзолистые свежие супесчаные, развитые на водно-ледниковых песчаных отложениях. Возраст ЛСП в год закладки опытов (1993–1995 гг.) составлял от 9 лет до 21 года.

Осадок сточных вод доставляли из близлежащих очистных сооружений г. Куровское. Химический состав ОСВ характеризовался высоким содержанием органического вещества Сорг – 64%, общего азота – 3.8%, нитратного и аммиачного азота – 770 мг/кг; общего

фосфора (P_2O_5) – 3.0%, общего калия (K_2O) – 0.4%. Содержание подвижных P_2O_5 и K_2O составляло соответственно 340 и 368 мг/кг. В осадке также содержалось заметное количество микроэлементов, необходимых для улучшения семеношения плантаций (медь, кобальт, цинк и др.). Реакция осадка была близкой к нейтральной (рНКСИ 5.9). Содержание поверхностно-активных веществ (СПАВ) составляло 0.8...1.0 мг/кг.

Осадок разбрасывали под кронами деревьев в приствольные круги диаметром, равным диаметру проекции кроны; перекопкой почвы вручную осадок заделывали в пахотный слой на глубину 20...25 см. Дозы внесения ОСВ варьировали в пределах от 15 до 50 т/га из расчета на сухое вещество. Учет урожайности и качества семян выполняли по принятой методике [57].

Результаты исследований показали, что после внесения ОСВ в почву ее физические и агрохимические свойства в верхнем слое (0...20 см) существенно улучшились (табл. 24).

Таблица 24. Изменение физических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы на участках ЛСП под влиянием осадка сточных вод

Вариант опыта		Глубина, см	Плотность, г/см ³ ± –	Общая пористость % объема	Пористость аэрации	Полная влагоёмкость, % массы	Сумма агрегатов размером 10...0.25 мм, %	Содержание водопрочных агрегатов (>0.25 мм), %
№ п/п	Доза ОСВ, т/га							
<i>Опытный участок 1 (ЛСП–36)</i>								
1	Контроль	0...10	1.36±0.02	48.9	42.5	35.9	60.9	–
		10...20	1.45±0.01	46.1	40.2	31.8	55.9	–
2	15	0...10	1.31±0.01	50.6	43.7	38.6	62.8	–
		10...20	1.42±0.01	47.0	40.9	33.1	63.1	–
3	30	0...10	1.28±0.01	51.7	42.9	40.4	68.8	–
		10...20	1.35±0.02	49.4	41.8	36.6	68.5	–
<i>Опытный участок 2 (ЛСП–36)</i>								
1	Контроль	0...10	1.36±0.02	48.9	42.5	35.9	60.9	27.1
		10...20	1.45±0.01	46.1	40.2	31.8	55.9	32.9
2	25	0...10	1.24±0.02	53.2	44.2	42.9	66.5	30.2
		10...20	1.35±0.02	49.4	41.8	35.6	71.9	35.1
3	50	0...10	1.23±0.03	53.4	43.4	43.4	75.2	33.6
		10...20	1.30±0.01	51.1	41.5	39.3	78.4	37.0

Плотность удобренных почв по сравнению с контролем снизилась в среднем на 0.05...0.19 г/см³; общая пористость повысилась на 0.9...6.8%, а полная влагоемкость – на 1.3...11.7%. Содержание в почвах водопрочных агрегатов крупнее 0.25 мм увеличилось на 1.4...6.5%.

Полученные результаты исследований свидетельствуют, что улучшение водно-физических свойств почвы зависит от вносимой дозы ОСВ. Доза 15 т/га не оказала существенного влияния; действие осадка прослеживается при внесении его в дозах 25...50 т/га по сухому веществу. Наиболее эффективной для данной почвы оказалась доза 50 т/га.

Внесение ОСВ в дозах 15...30 т/га (опытный участок 1) способствовало увеличению содержания Сорг в пахотном слое почвы (0...20 см) на 0.28...1.06%, а при дозах осадка 25...50 т/га (опытный участок 2) – на 0.35...1.23% по сравнению с контролем (табл. 25). Содержание органического вещества в удобренных почвах возросло в 2.0...2.6 раза.

Таблица 25. Изменение агрохимических свойств почв на опытных участках ЛСП под влиянием осадка сточных вод

Вариант опыта		C _{орг.} , %	Содержание в слое 0–20 см, мг/кг			рН _{KCl}	Степень насыщенности основаниями, %
№	Доза ОСВ, т/га		N–NO ₃ + N–NH ₄	подвижного P ₂ O ₅	обменного K ₂ O		
<i>Опытный участок 1 (ЛСП–36)</i>							
1	Контроль	0.62	47.2	125	64	4.59	14.9
2	15	0.90	50.4	137	65	4.62	18.8
3	30	1.68	58.7	143	68	4.91	27.5
<i>Опытный участок 2 (ЛСП–36)</i>							
1	Контроль	0.62	47.2	125	64	4.59	14.9
2	25	0.97	52.9	138	67	4.86	25.6
3	50	1.85	68.8	149	71	5.13	38.9

С увеличением дозы внесения ОСВ возрастало содержание в почве основных элементов минерального питания растений. Так, при внесении 15...50 т/га осадков количество нитратного и аммонийного азота увеличилось на 3.2...21.6 мг/кг, подвижного фосфора – на 12...24, обменного калия – на 1...7 мг/кг. Степень насыщенности почв основаниями повысилась на 3.9...24.0% по сравнению с кон-

тролем, кислотность почвы (рНкcl) снизилась на 0.03...0.54 ед. Таким образом, результаты исследований подтверждают высокую агрономическую эффективность использования ОСВ как органического удобрения.

Для изучения экологической безопасности применения ОСВ на ЛСП нами был выполнен анализ почвы на содержание тяжелых металлов в пахотном слое (0...20 см). Как показывают результаты исследований, содержание тяжелых металлов в почве значительно (в несколько раз) ниже допустимых концентраций этих элементов, что объясняется невысоким содержанием токсичных веществ в осадках и низкими дозами их внесения (табл. 26).

Таблица 26. Изменение содержания тяжелых металлов в почве ЛСП после внесения осадка сточных вод

Вариант опыта		Содержание тяжелых металлов в слое 0...20 см, мг/кг						
№ п/п	Доза ОСВ, т/га	Cd	Pb	Zn	Co	Ni	Cu	Cr
<i>Опытный участок 1 (ЛСП–36)</i>								
1	Контроль	0.035	2.22	12.0	1.48	1.12	2.03	2.65
2	15	0.037	3.02	13.6	1.60	1.23	2.30	2.88
3	30	0.040	3.23	17.4	1.67	1.47	2.76	3.54
<i>Опытный участок 3 (ЛСП–43)</i>								
1	Контроль	0.023	2.32	11.2	1.11	0.77	0.57	1.97
2	25	0.035	2.42	16.4	1.34	1.08	1.17	2.51
3	50	0.044	2.62	23.8	1.52	1.27	1.69	2.98
Величины ПДК (ОДК) тяжелых металлов в почве*		0.5	32	55	40	20	33	90

* ОДК по Cd, Cu, Ni, Pb, Zn приняты по гигиеническим нормативам; ПДК по Co и Cr взяты из нормативов Минздрава СССР № 6229–91.

При внесении ОСВ в дозах 15...50 т/га содержание в почве тяжелых металлов увеличивалось пропорционально внесенной дозе, однако оставалось ниже установленных ПДК (ОДК).

Расчеты теоретически допустимой максимально разовой дозы внесения в почву ОСВ Куровских очистных сооружений показали следующее. На опытных участках 1 и 2 (ЛСП–36) максимальные разовые дозы осадка сточных вод с учетом содержания в них тяжелых металлов могут быть достаточно высокими: по Co и Cr – 5 385 и 5 201 т/га; по Cu, Pb и Ni – 1 198, 1 209 и 1 653 т/га соответственно.

Наиболее низкие дозы внесения ОСВ допустимы по Cd и Zn – 182 и 109 т/га соответственно.

На ЛСП–43 (опытный участок 3) фоновое содержание исследуемых элементов в почве значительно ниже ПДК (ОДК). Теоретически допустимые максимальные разовые дозы внесения осадка при расчете по Cd и Zn составляют 188 и 112 т/га соответственно. По остальным исследуемым элементам эти нормы могут быть значительно выше и достигать: Co – 5 451 т/га; Cu – 1 270; Ni – 1 692; Pb – 1 204 и Cr – 5 252 т/га.

Таким образом, с целью обеспечения экологической безопасности, при применении ОСВ следует исходить из наименьших значений максимальных разовых доз внесения осадка, т. е. вычисленных по Zn и не превышающих 110 т/га.

4.2. Использование органических отходов для повышения продуктивности лесосеменных плантаций

Рост плантационных деревьев сосны заметно ускорился в результате внесения в почву ОСВ. Так, на 9-летней плантации, удобренной осадком в дозах 15 и 30 т/га, текущий прирост ствола по высоте в последующие четыре года был на 3...9 см больше, чем в контроле. До начала эксперимента, наоборот, здесь наблюдался более низкий (на 7...8 см) линейный прирост ствола. Динамика текущего прироста ствола по диаметру была аналогичной. Достоверно установлено, что ОСВ стимулировал линейный прирост осевых и боковых побегов в верхней, средней и нижней частях кроны деревьев (рис.7). Как правило, он превышал соответствующие показатели на контрольных делянках на 20...50% и более.

Наблюдалось явное положительное влияние внесенного осадка сточных вод на генеративное развитие плантационной сосны. На той же 9-летней плантации в год внесения данного органоминерального удобрения все клоны были еще вегетативными. В последующие годы на удобренных делянках почти все деревья сразу же цвели по «смешанному» типу, тогда как в контроле в первые 2 года

наблюдалось обычное цветение только по «женскому» типу при отсутствии опыления.

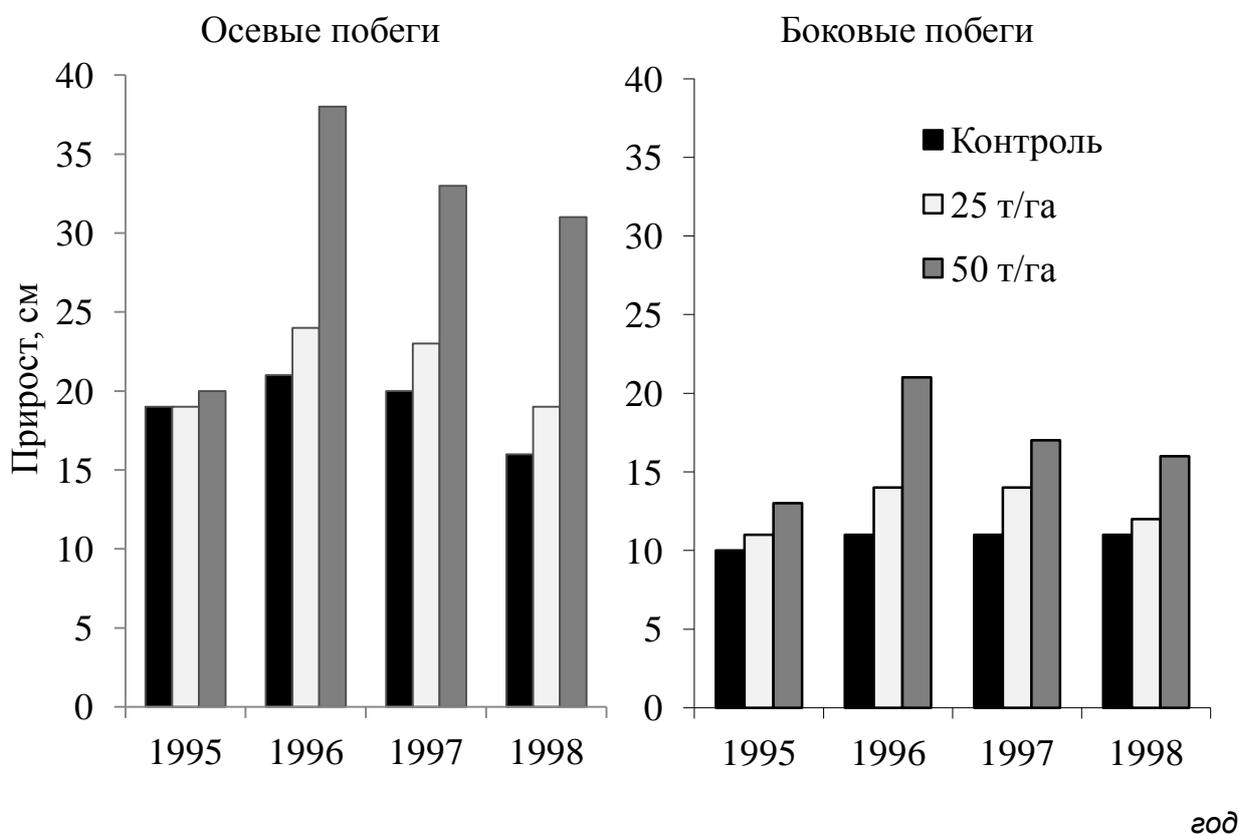


Рис. 7. Динамика прироста побегов в средней части кроны деревьев сосны под действием ОСВ на опытном участке 2

Деревья на удобренных почвах характеризовались более активным «мужским» цветением. Лабораторные исследования показали, что деревья на удобренных осадком делянках, как правило, отличались в 1.5...3.0 раза более высокими качественными показателями пыльцы по сравнению с контролем. Так, на опытном участке, заложенном на 17-летней плантации, в собранной на контроле пыльце имелось 50...63% проросших пыльцевых зерен, а на удобренных делянках – 58...98%. Средняя длина пыльцевых трубок составляла соответственно 41...67 и 67...130 микрон. Кроме того, удобрение почвы осадком сточных вод способствовало повышению жизнеспособности пыльцы при ее длительном (3...4 года) хранении.

Количество макростробилов у деревьев на опытном участке 2 (ЛСП–36) в 1997–1999 гг. на удобренной осадком почве значительно

превышало контрольные показатели: до 98...103 шт. на 1 дерево в вариантах с внесением дозы 50 т/га против 31...38 шт. на 1 дерево в контрольном варианте (табл. 27). Отмечен более высокий балл «женского» цветения, особенно в вариантах с относительно высокими дозами внесения ОСВ. Такое действие удобрения прослеживалось в течение 3–4-х лет после закладки опыта, но наиболее сильно оно проявлялось в первые 2 года после внесения ОСВ.

Таблица 27. Влияние ОСВ на урожай шишек и семян

Доза ОСВ, т/га	Количество макроэстробилов весной предшествующего года, шт.		Урожай шишек		Урожай семян	
	на все деревья в опыте	в среднем на 1 дерево	на 1 дерево, шт.	на 1 га, тыс. шт.	на 1 дерево, г	на 1 га, кг
<i>Урожай 1997 г. (возраст деревьев 13 лет)</i>						
Контроль	157	31	20	8.0	2.0	0.8
25	258	43	30	12.0	3.0	1.2
50	489	98	86	34.4	8.6	3.4
<i>Урожай 1998 г. (возраст деревьев 14 лет)</i>						
Контроль	173	35	22	8.8	2.2	0.9
25	309	51	37	14.8	3.7	1.5
50	513	103	70	28.0	7.0	2.8
<i>Урожай 1999 г. (возраст деревьев 15 лет)</i>						
Контроль	190	38	25	10.0	2.5	1.0
25	318	53	38	15.2	3.8	1.5
50	498	100	68	27.2	6.8	2.7

Кроме того, внесение ОСВ оказало положительное воздействие на биологические свойства семян и в целом на качество урожая разновозрастных ЛСП сосны обыкновенной. В течение четырех лет под влиянием ОСВ в дозах 15 и 30 т/га посевные качества семян улучшились по сравнению с контролем. Наибольший эффект наблюдался при дозе 30 т/га: сила роста проростков увеличилась в 2...3 раза (табл. 28).

Семена первых урожаев сосны (опытный участок 1) под действием осадков (15 и 30 т/га) стабильно превосходили контроль по показателям энергии прорастания и всхожести. Показатель «сила роста проростков» оказался весьма неустойчив (табл. 29).

Итогом положительного действия удобрения осадком сточных вод почв на ЛСП стало существенное увеличение урожая семян со-

сны и повышение их качества. Данные табл. 29 показывают, что урожаи шишек и семян на удобренных почвах в первые 1...2 года увеличились по сравнению с контролем в 1.5...4.2 раза, энергия прорастания семян возросла на 9...32% , всхожесть – на 7...14%, а сила роста проростков – на 8...40%, или в 3...5 раз и более. В последующие 2 года удобрительное действие ОСВ заметно ослабевало.

Таблица 28. Влияние ОСВ на посевные качества семян средневозрастной сосны на опытном участке 5 (ЛСП–22)

Доза ОСВ, т/га	Показатели посевных качеств семян*		
	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Сила роста проростков, %
<i>Урожай 1993 г. (оси́нь)</i>			
Контроль	70	78	33
15	93	93	47
30	90	93	75
<i>Урожай 1994 г.</i>			
Контроль	87	88	26
15	87	91	31
30	94	98	77
<i>Урожай 1995 г.</i>			
Контроль	79	85	29
15	85	88	37
30	90	94	56

* Посевные качества семян определяли по ГОСТ 13056.7–75.

Таблица 29. Влияние удобрения почвы осадком сточных вод на урожай и посевные качества семян сосны обыкновенной на молодой плантации (опытный участок 1)

Доза ОСВ, т/га	Средний урожай семян, кг/га	Посевные качества семян, %**		
		Энергия прорастания	Всхожесть	Сила роста
<i>Урожай 1995 г. (возраст деревьев 11 лет)</i>				
Контроль (без ОСВ)	0.8	64	87	10
15	1.2	82	95	29
30	3.2	80	94	50
<i>Урожай 1996 г. (возраст деревьев 12 лет)</i>				
Контроль (без ОСВ)	2.3	48	80	Не опр.
15	1.4	76	89	То же
30	4.2	80	93	-«-

* Урожай семян определяли в соответствии с «Указаниями по лесному семеноводству в Российской Федерации» [119].

** Посевные качества семян определяли по ГОСТ 13056.7–75.

Расчет экономической эффективности применения осадка сточных вод (в ценах 2005 г.) показал, что при внесении его в наибольшей дозе (50 т/га) дополнительные расходы в первые 3 года варьируют в пределах 69...376 руб./га, а стоимость дополнительного урожая – в пределах 3 400...5 200 руб./га. Таким образом, экономический эффект составил 3 331...4 824 руб./га. В течение ряда последующих лет ожидается положительное последствие внесенного в почву удобрения. На основе полевых экспериментов можно сделать вывод, что наиболее эффективными в отношении улучшения физических и агрохимических свойств почв, повышения показателей роста сосны, урожая семян и их посевных качеств являются наибольшие из испытывавшихся доз – 30...50 т/га.

Химический анализ ОСВ, применявшихся в полевых опытах, а также удобренных ими почв на лесохозяйственных объектах показал, что внесение осадка в почву в дозах 30...50 т/га не приводит к существенному загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) и другими токсикантами. Предельно допустимые разовые нормы внесения в почву ОСВ, рассчитанные по содержанию каждого тяжелого металла в отдельности, составляют около 100...110 т/га по сухому веществу. Однако в соответствии с нормативными документами максимальной нормой внесения ОСВ в почву на лесосеменных плантациях следует признать дозу в 50 т/га, частота внесения – не более одного раза в 3...4 года.

Применяемые в качестве удобрений ОСВ необходимо предварительно выдержать в отвалах, а еще лучше приготовить на их основе компосты. Осадки целесообразно вносить под основную вспашку почвы при закладке ЛСП, а на уже заложенных плантациях – в междурядья сосны под культивацию почвы. Перед каждым применением ОСВ и компостов на их основе необходимо произвести оценку содержания в них тяжелых металлов и других токсикантов, выполнить соответствующий расчет предельно допустимых разовых норм внесения в почву.

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИ СОЗДАНИИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

В условиях лесной зоны лесовосстановление осуществляется в основном путем создания лесных культур, причем в последнее время особое внимание уделяется плантационному выращиванию лесных насаждений [37, 72, 110].

Для традиционного искусственного лесовосстановления и плантационного лесовыращивания должны быть созданы оптимальные почвенные условия на лесокультурных площадях, в том числе с использованием органических и минеральных удобрений [89, 118]. В этих целях также можно применять органические отходы.

В лесных культурах, особенно на расчищенных лесокультурных полосах с удаленными лесной подстилкой и гумусовым горизонтом, нередко применяют такие способы повышения почвенного плодородия, как: измельчение и запашка в почву порубочных остатков на вырубках или сжигание их путем контролируемого пала (удобрение почв золой), полив сточными водами, внесение минеральных удобрений, осадков сточных вод и других органических отходов.

В наших опытах применялся ОСВ из очистных сооружений Рязанского кожевенного завода (его характеристика приведена выше). Испытания по применению данного ОСВ при создании лесных культур выполнены в зоне хвойно-широколиственных лесов на территории Сергиево-Посадского опытного лесхоза Московской обл.

5.1. Применение органических отходов в культурах ели на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве

В кв. 37 Алексеевского лесничества Сергиево-Посадского ОЛХ весной 2006 г. был заложен опытный участок № 1к в 1-летних культурах ели, созданных на вырубке с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой, тип леса – ельник сложный, тип условий местопрорастания – С₂. Культуры созданы посадкой саженцев (3+3 года) вручную по необработанной почве; шаг посадки – 1.0 м, ширина меж-

дурядий – 4 м; высота саженцев при посадке варьировала в пределах 20...30 см. Площадь опытного участка – около 0.075 га (25 м×30 м). Схема полевого опыта была следующей, дозы ОСВ по сухому веществу: 1) 0 (контроль), 2) 25 т/га и 3) 50 т/га; повторность – 3-кратная. В каждом варианте опыта имелось по 70...75 учетных деревьев высотой около 30...35 см (по 3 отрезка рядов культур длиной около 25 м, расположенных в порядке чередования опытных вариантов).

ОСВ был доставлен на опытный участок на тракторной прицепной тележке; его рассыпали вручную по обеим сторонам рядов культур полосами шириной около 1.5 м. Поскольку культуры ели на участке высажены саженцами без предварительной подготовки почвы, заделать ОСВ в почву механизированным способом не удалось. Его перемешали с верхним слоем почвы лопатой.

Анализ агрохимических свойств почвенных проб, отобранных на опытном участке № 1к, показал, что почва на нем характеризуется довольно высоким уровнем плодородия (табл. 30). В контрольном варианте она имела среднекислую реакцию (рНКСI 4.65), высокое содержание гумуса (4.25 %) и обменного калия (206 мг/кг) при среднем содержании подвижного фосфора (80 мг/кг). В вариантах с внесением ОСВ в дозах 25 и 50 т/га ее свойства, по сравнению с контролем, заметно улучшились: кислотность стала близкой к нейтральной (рНКСI 6.45...6.55), содержание органического углерода повысилось до 3.43...4.21 %, а подвижного фосфора и обменного калия в среднем осталось на прежнем достаточно высоком уровне.

Внесение ОСВ в указанных дозах на опытном участке 1к в варианте 3 не привело к существенному загрязнению почв тяжелыми металлами: содержание Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn осталось значительно ниже принятых ПДК и ОДК (табл. 31). Следовательно, применение в качестве органического удобрения ОСВ из очистных сооружений Рязанского кожевенного завода можно считать экологически безопасным [11].

Таблица 30. Агрохимические свойства среднесуглинистой дерново-подзолистой почвы в слое 0...20 см на опытном участке 1к в кв. 37 Алексеевского лесничества Сергиево-Посадского ОЛХ (пробы почвы отобраны 27 октября 2006 г.)

Вариант опыта		pH _{KCl}	Содержание питательных веществ				Гигроскопическая влажность, %
№ п/п	Доза ОСВ, т/га		Гумус	C _{орг}	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	Обменный калий (K ₂ O)	
			по Тюрину, %	по Кирсанову в модификации ЦИНАО, мг/кг			
1	0 (контроль)	4.65	4.25	2.47	80	206	2.95
2	25	6.45	Не опр.	3.43	45*	281*	3.00
3	50	6.55	То же	4.21	49*	192*	3.30

* В пробах почвы из вариантов 2 и 3 содержание подвижных фосфора и калия определено по методу Мачигина, так как почва вскипает от 10%-й HCl.

Таблица 31. Расчетные концентрации тяжелых металлов в удобренной осадком сточных вод (50 т/га) среднесуглинистой дерново-подзолистой почве

Показатель	Содержание элементов, мг/кг				
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Фоновое содержание элемента в почве	0.30	8.0	5.5	2.3	16.0
Содержание элемента в ОСВ	3.4	10.0	3.5	8.5	25.0
Количество элемента, дополнительно внесенное в почву с ОСВ	0.06	0.2	0.1	0.1	0.4
Содержание элемента в почве после внесения ОСВ	0.36	8.2	5.6	2.4	16.4
Величина ПДК (ОДК) элемента в почве*	1.0	66	40	65	110

* Величины ПДК (ОДК) приведены по ГОСТ Р 17.4.3.07–2001.

Учеты культур ели на опытном участке показали, что в первый год после начала опыта во всех вариантах, включая контрольный, культуры имели высокую приживаемость (96.9...100%). На 2-й год приживаемость (сохранность) их снизилась до 78.8...91.2%. Это стало следствием сильного влияния затенения сорной травянистой растительностью, так как культуры были высажены без обработки почвы. Однако в варианте с внесением в почву ОСВ в дозе 50 т/га культуры отличались повышенными (на 4...9%), по сравнению с контролем, средними показателями роста: диаметром стволиков у корневой шейки, высотой стволиков и годичным текущим приростом по высоте, а также отношением годичного прироста к исходной высоте.

5.2. Применение органических отходов в культурах ели на малоплодородных дерново-подзолистых супесчаных почвах

В кв. 27 Торгашинского лесничества Сергиево-Посадского ОЛХ весной 2006 г. был заложен опытный участок № 2к в 1-летних культурах ели, созданных на малоплодородной супесчаной дерново-подзолистой почве. Тип леса – сосняк брусничный, тип условий местопроизрастания – В₂. На лесокультурной площади была проведена дискретная подготовка почвы с помощью экскаватора с образованием «прерывистых пластов» и микропонижений (ямок) глубиной 15...20 см и диаметром 60...70 см. Посадка культур осуществлена вручную в дно микропонижений 6-летними саженцами (3+3); в момент закладки опыта их высота составляла в среднем 30...35 см.

Агрохимические свойства почвы на данном опытном участке менее благоприятны для произрастания культур ели, чем в предыдущем случае. Реакция почвы близка к очень сильнокислой (рН_{KCl} 4.03), содержание гумуса (1.16%), подвижных фосфора и калия (44 и 30 мг/кг) низкое (табл. 32). Поскольку верхний гумусированный слой почвы был удален при подготовке микропонижений, следовало ожидать выраженный положительный эффект от внесения торфоопилочного компоста на основе ОСВ в обедненное питательными веществами посадочное место.

Таблица 32. Агрохимические свойства супесчаной дерново-подзолистой почвы в слое 0...20 см (пробы почвы отобраны 24 октября 2006 г.)

Вариант опыта		рН _{KCl}	Содержание питательных веществ				Гигроскопическая влажность, %
№ п/п	Доза ОСВ, т/га		Гумус	С _{орг}	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	Обменный калий (K ₂ O)	
			по Тюрину, %	по Кирсанову в модификации ЦИНАО, мг/кг			
1	0 (контроль)	4.03	1.16	0.67	44	30	0.68
2	25	6.40	Не опр.	0.94	40*	55*	0.81
3	50	6.50	То же	1.15	35*	86*	1.05

* В пробах почвы из вариантов 2 и 3 содержание подвижных фосфора и калия определено по методу Мачигина, так как почва вскипает от 10%-й HCl.

На данном опытном участке в качестве органического удобрения применили компост на основе того же осадка сточных вод (из очистных сооружений Рязанского кожевенного завода) в смеси с низинным торфом и древесными опилками в соотношении 1:1:1 по объему. Схема полевого опыта была такой же, дозы ОСВ по сухому веществу: 1) 0 (контроль), 2) 25 т/га и 3) 50 т/га. ОСВ разбрасывали вручную вокруг саженцев в радиусе 60...80 см и также вручную заделывали их в почву.

В вариантах с внесением ОСВ в дозах 25 и 50 т/га отмечалось улучшение плодородия почвы по сравнению с контролем: реакция стала близкой к нейтральной (рНКСI 6.40...6.50), в 1.4...2.9 раза увеличилось содержание органического углерода (с 0.67 до 0.94...1.15%) и обменного калия (с 30 до 86 мг/кг).

Результаты учета 2-летних культур ели посадки 2006 г. на опытном участке 2к показывают, что лесоводственная эффективность компоста на основе ОСВ еще не успела существенно проявиться в конце 2006 г. из-за короткого срока воздействия его на приживающиеся саженцы (табл. 33).

Средние показатели роста опытных культур (диаметр корневой шейки, высота стволиков и прирост их по высоте) оказались несколько ниже (на 3...12%), чем в контрольном варианте.

Однако такие же различия были у саженцев и при посадке, они сохранились и к концу вегетационного периода. Поэтому нами было рассчитано отношение прироста деревьев по высоте к их исходной высоте. В варианте с внесением в почву удобрения в дозе 50 т/га это отношение оказалось больше, чем в контроле: за 2006 г., 2007 г. и суммарно за оба года – 0.39, 0.30 и 0.70 соответственно, тогда как в контрольном варианте – 0.34, 0.25 и 0.57 соответственно. Это свидетельствует о том, что 1-летние культуры ели в результате удобрения почвы приживались и росли заметно лучше, чем в контроле.

Таблица 33. Биометрические показатели роста 2-летних культур ели с внесением осадка сточных вод за 2006–2007 гг.

Вариант опыта		Приживаемость, %		Диаметр корневой шейки, мм		Высота стволиков, см			Прирост стволиков по высоте, см			Отношение к исходной высоте годовых приростов		
№ п/п	Доза ОСВ, т/га	24.10.2006	20.09.2007	27.10.2006	20.09.2007	исходная (посадка 10.05.2006)	24.10.2006	20.09.2007	2006	2007	2006 + 2007	2006	2007	2006 + 2007
1	0 (контроль)	100	98.6	9.9±0.5 (5...14)	10.3±0.5 (6...20)	35.4±1.7 (30...47)	47.5±1.8 (22...61)	51.5±1.9 (35...73)	12.1±1.2 (5...20)	9.0±1.0 (2...35)	21.1±1.2 (7...55)	0.34	0.25	0.59
2	25	93.8	90.9	9.4±0.6 (7...13)	9.8±0.6 (5...15)	30.7±1.5 (22...35)	41.1±1.6 (26...52)	41.2±1.6 (29...55)	10.4±0.6 (4...17)	5.3±0.6 (2...12)	15.7±0.7 (6...29)	0.34	0.17	0.51
3	50	100	100	8.8±0.5 (5...12)	9.5±0.5 (6...15)	28.8±1.9 (19...35)	39.9±1.9 (22...54)	46.3±2.2 (29...75)	11.1±1.0 (3...19)	8.7±1.0 (3...26)	20.1±1.1 (6...45)	0.39	0.30	0.69

Примечание. Приведены средние арифметические величины показателей роста культур ели и их средние квадратические ошибки; в скобках указаны пределы колебаний – минимальные и максимальные значения.

В кв. 38 Торгашинского лесничества Сергиево-Посадского ОЛХ 15 мая 2007 г. был заложен *опытный участок № 3к* в культурах ели на вырубке 2006 г. Почва на участке дерново-подзолистая супесчаная на водно-ледниковом песке. Почва обработана в первой декаде мая 2007 г. двухотвальным плугом ПКЛ-70 при ширине междурядий около 4 м. Посадка культур проведена в первой декаде мая 2007 г. в дно борозд; глубина борозд варьирует в пределах 10...20 см. В качестве посадочного материала использованы 4-летние сеянцы ели, выращенные в лесном питомнике без перешколивания. Шаг посадки – 1.0 м. Средняя высота сеянцев на опытном участке – 37.6 см (от 19 до 63 см); средний текущий прирост за 2006 г. составил 18.8 см, варьируя от 4 до 40 см.

Органоминеральное удобрение в виде ОСВ Рязанского кожевенного завода в смеси с низинным торфом (2:1 по объему) внесли вручную в посадочное место (дно борозд) в дозах 12.5, 25.0 и 50.0 т/га в расчете на сухое вещество и заделали в почву лопатой. В каждом варианте насчитывалось 54...61 деревцев ели; повторность опыта – 2-кратная; общая площадь опытного участка – 0.14 га.

Агрохимические свойства почвы на опытном участке еще более неблагоприятны для произрастания культур ели, чем на предыдущих участках, а в лесопосадочном месте (плужных бороздах) почва характеризовалась крайне низким уровнем плодородия. Почва здесь имела сильноокислую и близкую к очень сильноокислой реакцию (в верхнем слое pH_{KCl} 4.15), крайне низкое содержание гумуса (0.30%), низкое содержание подвижных фосфора и калия (35 и 42 мг/кг) (табл. 34).

В вариантах с внесением ОСВ в дозах 25 и 50 т/га по сравнению с контролем почва отличалась существенно более высоким плодородием: реакция стала близкой к нейтральной и даже слабощелочной (pH_{KCl} 6.91...7.18), содержание органического углерода увеличилось в 1.4...2.9 раза (до 0.92...1.10%), обменного калия – с 25 до 80 мг/кг.

Таблица 34. Агрохимические свойства супесчаной дерново-подзолистой почвы в слое 0...20 см
(пробы почвы отобраны 27 октября 2007 г.)

Вариант опыта		рН _{KCl}	Содержание питательных веществ				Гигроскопическая влажность, %
№ п/п	Доза ОСВ, т/га		Гумус	C _{орг}	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	Обменный калий (K ₂ O)	
			по Тюрину, %		по Кирсанову в модификации ЦИНАО, мг/кг		
1	0 (контроль)	4.15	0.30	0.17	34	27	0.64
2	12.5	6.91	Не опр.	0.71	37*	48*	0.72
3	25	6.95	То же	0.92	42*	55*	0.80
4	50	7.18	«—»	1.18	45*	86*	1.13

* В пробах почвы из вариантов 2 и 3 содержание подвижных фосфора и калия определено по методу Мачигина, так как почва вскипает от 10 %-й HCl.

Результаты учета культур ели на опытном участке 3к, проведенные весной при посадке сеянцев и в октябре после окончания вегетационного периода, приведены в табл. 35. Поскольку эти культуры были высажены недавно, действие ОСВ на них прослеживается слабо. Первая половина вегетационного периода оказалась засушливой, и во всех вариантах опыта, включая контроль, приживаемость опытных культур была неудовлетворительной (63.7...78.7%).

Осенью (04.10.2007 г.) на контрольной делянке диаметр стволиков у корневой шейки составлял в среднем 4.8 ± 0.3 мм, а в опытных вариантах немного больше – $5.6 \pm 0.2 \dots 5.9 \pm 0.2$ мм; средняя высота культур в контроле – 41.0 ± 1.4 см, а на удобренных делянках – $43.0 \pm 2.1 \dots 46.1 \pm 1.5$ см. Годичный прирост по высоте у всех приживающихся культур был незначителен и в 2.5...3.0 раза меньше, чем в предшествующий год у сеянцев в питомнике до их выкопки. Однако и по этому показателю культуры на удобренных делянках превосходили контроль: в среднем $5.9 \pm 0.4 \dots 7.2 \pm 0.9$ см и 5.2 ± 0.4 см соответственно. Отношение к исходной высоте культур их годичных приростов за 2007 г. в контроле составило в среднем 0.15, а на делянках с ОСВ оно возрастало до 0.19...0.20; аналогичными были суммарные показатели за 2006 и 2007 гг.

Таким образом, использование органических отходов при создании лесных культур ели обеспечивает заметное повышение уровня плодородия лесных почв и, соответственно, улучшение показателей роста деревьев.

Таблица 35. Биометрические показатели роста 1-летних культур ели посадки 2006 г. с внесением осадка сточных вод (за 2007 г.)
(средние данные по повторениям I+II)

Вариант опыта		Приживаемость, % 04.10.2007 г.	Диаметр корневой шейки, мм 04.10.2007 г.	Высота стволиков, см		Годичный прирост стволиков по высоте, см			Отношение годовых приростов за 2006 и 2007 гг. к исходной высоте		
№ п/п	Доза ОСВ, т/га			15.05.2007 (исходная при посадке)	04.10.2007	15.05.2007 (за 2006)	04.10.2007 (за 2007)	2006 + 2007	2006	2007	2006 + 2007
1	0 (контроль)	63.9	4.8±0.3 (3...10)	35.8±0.9 (22...63)	41.0±1.4 (23...50)	16.0±0.8 (4...34)	5.2±0.4 (2...10)	21.2±0.9 (6...44)	0.45	0.15	0.60
2	12.5	78.7	5.9±0.2 (2...9)	38.9±1.0 (19...55)	46.1±1.5 (11...57)	21.4±0.7 (8...37)	7.2±0.3 (2...13)	28.6±0.9 (10...50)	0.55	0.19	0.74
3	25	64.2	5.6±0.3 (2...10)	39.6±1.7 (21...61)	45.5±1.9 (16...61)	18.0±0.9 (7...40)	5.9±0.4 (2...12)	23.9±1.0 (9...52)	0.45	0.15	0.60
4	50	63.7	5.6±0.2 (4...9)	35.8±0.9 (20...49)	43.0±2.1 (20...51)	19.7±0.8 (10...28)	7.2±0.9 (3...10)	26.9±1.1 (13...38)	0.55	0.20	0.75

Примечание. Приведены средние арифметические величины показателей роста культур ели и их средние квадратические ошибки; в скобках указаны пределы колебаний – минимальные и максимальные значения

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСКУССТВЕННОГО ПОЧВОГРУНТА ПРИ ЛЕСОБИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Складирование промышленных отходов, многие из которых накапливаются в угрожающих масштабах и не могут быть использованы в народном хозяйстве в ближайшем будущем, приводит к отчуждению значительных площадей земельных угодий. Кроме того, содержащиеся в некоторых из них токсичные вещества могут поступать в окружающую природную среду и загрязнять ее, ухудшая экологическую ситуацию в промышленных регионах [1, 6, 25, 43, 106].

К одному из таких промышленных отходов относится фосфогипс ($\text{CaSO}_4 \times m\text{H}_2\text{O}$ с примесями P_2O_5) – отход производства фосфорных удобрений из апатитового и фосфоритного сырья. Химический состав фосфогипса, образующегося при производстве экстракционной фосфорной кислоты из разного фосфатного сырья, представлен в табл. 36.

Таблица 36. Химический состав фосфогипса [121]

Фосфатное сырье	Содержание в пересчете на сухое вещество, %					
	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅ общий	P ₂ O ₅ водный	F	R ₂ O ₃
Апатитовый концентрат	38...41	53...57	0.8...1.6	0.15...0.9	0.14...0.4	0.14...1.5
Фосфоритный концентрат	26.5...39.5	37...56	0.9...1.6	0.2...0.6	0.3...1.3	0.2...0.6

Из-за наличия большого количества неотмытых кислот, загрязненности фтором, стронцием и барием, а также ряда других неблагоприятных химических свойств, фосфогипс не находит широкого применения в народном хозяйстве и его складировать в отвалах на специально подготовленных полигонах [121]. Два таких полигона вторичного материала промышленности ОАО «Воскресенские минеральные удобрения» расположены в Воскресенском районе Московской обл. Один из них, 30-летней давности отсыпки, постепенно естественным путем зарос древесно-кустарниковой и травянистой растительностью. Однако свежие отвалы фосфогипса на другом полигоне, вследствие сильноокислой реакции субстрата (pHCl 1.5...2.8),

практически полного отсутствия органического вещества (Сорг 0.14...0.17%) и бедности многими элементами минерального питания растений, в течение первых 10–15 лет остаются без растительного покрова (рис. 8).

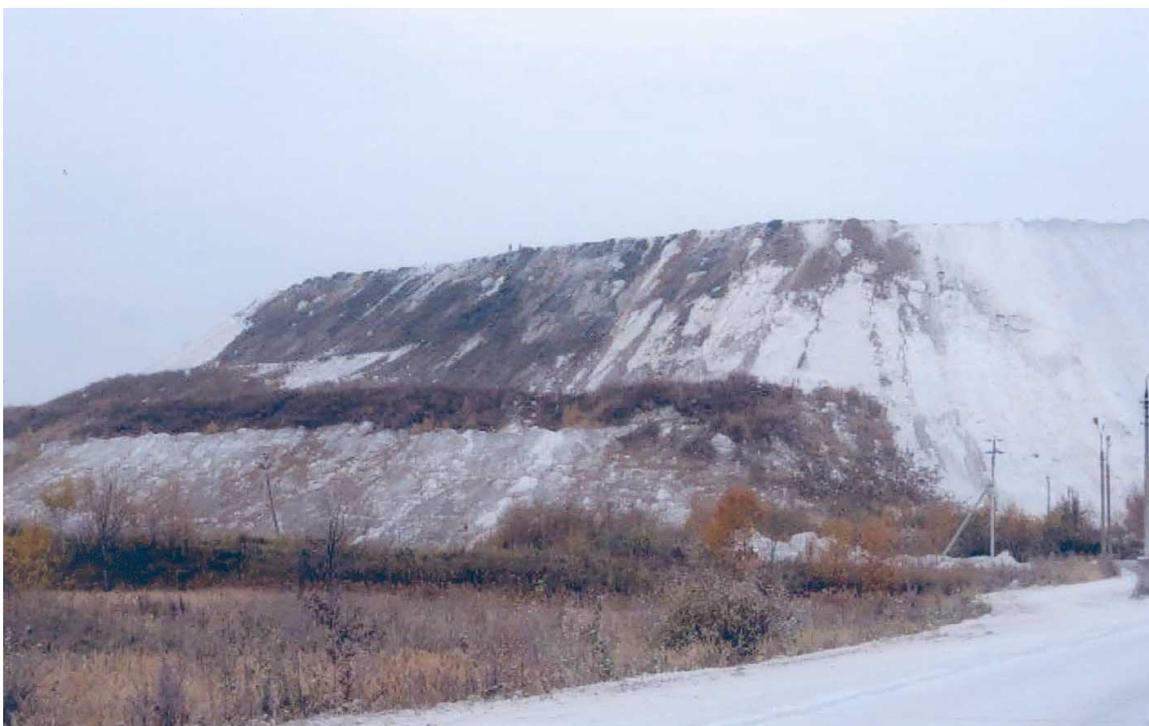


Рис. 8. Полигон складирования фосфогипса в процессе рекультивации (фото Л. Л. Коженкова)

Отсутствие растительности на таких отвалах способствует развитию водной и ветровой эрозии, ухудшает рекреационные и ландшафтно-эстетические характеристики окружающей местности.

На этом полигоне нами в 1999–2005 гг. была разработана технология ускоренной лесобиологической рекультивации отвалов промышленных отходов [50]. Полигон представляет собой усеченный конус с плоской вершиной диаметром около 1 км и высотой более 60 м, длина склонов – 50...70 м. В настоящее время отсыпка фосфогипса продолжается, и высота отвала значительно возросла. На полигоне были заложены опытные участки площадью 0.3...0.5 га на крутом склоне (40...50°) свежего отвала фосфогипса, находившегося на открытом воздухе не более 1...2 лет. Участки имели прямоугольную форму и занимали часть склона от верхней кромки отвала до его основания.

6.1. Технология покрытия отвалов фосфогипса искусственным почвогрунтом

Для ускоренной биологической рекультивации свежих отвалов фосфогипса, непригодных для произрастания растений, в качестве искусственного почвенного субстрата нами были использованы осадок сточных вод из цеха нейтрализации и осадок сточных вод местных очистных сооружений.

Такие осадки сточных вод имеют высокое содержание (в расчете на сухое вещество) органического углерода (32...41%), общего азота (3.7...3.9%), общего P_2O_5 (2.2...4.0%), CaO (10.7...37.8%); содержание подвижного P_2O_5 и обменного K_2O варьировало в пределах 340...370 мг/кг. Поскольку ОСВ на очистных сооружениях обрабатывали негашеной известью, он отличался сильной щелочностью (рНКСI до 12 и более) и служил хорошим известковым материалом, что имеет особое значение при использовании на сильноокислом фосфогипсе.

Загрязненность тяжелыми металлами и другими токсикантами ограничивает применение этого осадка в качестве удобрения в сельском и лесном хозяйстве [19, 71].

Использование данного осадка сточных вод в качестве искусственного почвенного субстрата для рекультивации отвалов промышленных отходов подтверждено санитарно-эпидемиологической службой, выдавшей разрешение на производство опытных работ (приложение 2).

Осадок сточных вод можно получить на очистных сооружениях бесплатно и в неограниченных количествах, поэтому стоимость работ по покрытию отвалов искусственным почвогрунтом определяется лишь затратами на транспортировку осадка сточных вод и нанесением его на поверхность полигона.

Использованный осадок сточных вод был темно-серым (во влажном состоянии почти черным); характеризовался высокой вязкостью и липкостью, имел неприятный запах. Осадок представлял собой бесструктурное вещество, похожее на сапропель; сильно гигроскопичен – удерживал до 500...600% воды; в сухом состоянии очень легкий (плотность 0.20...0.25 г/см³).

В результате исследований технологий нанесения искусственного почвогрунта на склон отвала фосфогипса был принят следующий способ.

Подсушенный ОСВ в объеме более 2.0 тыс. м³ привозили самосвалами и сгружали на горизонтальную поверхность отвала у опытного участка. Затем медленно и равномерно сдвигали его с помощью бульдозеров на склоновую часть. Поскольку поверхность склона была неровная, осадок распределялся неравномерно: в небольших углублениях слоем до 20...30 см и более, а на выступах толщина слоя уменьшалась до 3...5 см. Отдельные пятна остались непокрыты осадком, однако они были небольшими, их общая площадь не превышала 10% площади опытного участка.

Средняя мощность всего слоя ОСВ на склоне составляла 15...20 см, а на горизонтальном полотне бермы его мощность довели в среднем до 10...15 см (см. рис. 8).

Несмотря на то что использованный ОСВ был рыхлым, у него была невысокая влажность (60...70%), он сильно не мазался и имел

достаточную несущую способность, позволяющую легко и безопасно ходить по покрытому им склону во всех направлениях. Это оказалось особенно важным для выполнения последующих работ по облесению отвалов фосфогипса на полигоне.

6.2. Ускоренное создание растительного покрова на отвалах

Покрытие отвалов фосфогипса слоем искусственного почвогрунта значительно ускорило процесс зарастания их травянистой и древесно-кустарниковой растительностью. Уже через 2...3 недели после насыпания на склон ОСВ на опытном участке появились обильные всходы травянистых растений. Их семена попали в осадок, когда он находился на очистных сооружениях. Частично они были занесены ветром в сформированный на поверхности отвалов почвогрунт.

Весной 2000 г. живой напочвенный покров уже занимал около 60% общей площади опытного участка; высота его составляла 50...70 см. Среди травянистых растений преобладала сурепка (*Barbarea vulgaris*), проективное покрытие которой достигало 50% площади. Из других трав чаще встречался кипрей волосистый (*Epilobium hirsutum*), реже лебеда раскидистая (*Atriplex patula*), крапива жгучая (*Urtea urens*) и другие (более 15 видов) травянистые растения; изредка среди них появлялись подушки мха – кукушкина льна (*Polytrichum commune*).

Еще через 2 года общее проективное покрытие травянистых растений на опытном участке возросло до 80%. Резко изменился и видовой состав трав: основной фон был представлен полынью обыкновенной (*Artemisia vulgaris*) и горькой (*A. absinthium*), занимавшими 38% площади, а также крапивой жгучей (25%) и кипреем волосистым (14%). Сурепка оказалась вытесненной другими видами травянистых растений и занимала не более 1% площади.

Через 3 года после закладки опыта, в июле 2002 г., общее проективное покрытие травянистых растений составляло около

80%, причем видовой состав живого напочвенного покрова сохранил общие черты предыдущего года. В травянистом покрове по-прежнему доминировали полынь обыкновенная, крапива жгучая и кипрей волосистый. Почти везде травянистая растительность была очень сильно развита, высота ее достигала 1.6...1.8 м. Редкие свободные от трав участки были заняты моховым покровом из кукушкина льна.

Повторные обследования травянистой растительности летом 2006 и 2007 гг. показали, что практически весь опытный участок зарос густым и высоким травяным покровом при преобладании крапивы жгучей, кипрея волосистого, лебеды раскидистой, вейника наземного (*Calamagrostis epigeios*) и других растений.

Древесно-кустарниковая растительность на опытном участке создавалась как посадкой саженцев, так и естественным путем, в результате заноса семян ветром и птицами. В качестве посадочного материала использовали молодые (3...5-летние) растения осины (*Populus tremula*), березы повислой (*Betula pendula*), ивы козьей (*Salix caprea*) и облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*), выкопанные в близлежащих естественных насаждениях, а также на склонах заросшего естественным путем старого полигона складирования фосфогипса. Кроме того, из ближайшего лесного питомника были доставлены саженцы кустарников: розы морщинистой (*Rosa rugosa*), лоха серебристого (*Elaeagnus argentea*), снежноягодника белого (*Symphoricarpos albus*) и дерена красного (*Cornus sanguinea*); возраст их был таким же (3...5 лет), высота варьировала в пределах 0.5...1.0 м.

Посадка деревьев и кустарников была проведена вручную в 1999 г. горизонтальными рядами, начиная с верхней бровки склона. Ширина междурядий составляла 3...4 м, шаг посадки – 1.0...1.5 м. С помощью лопаты готовили посадочные лунки глубиной до 20...25 см, в них погружали смоченные в земляной болтушке корни саженцев, засыпали их вынутым из лунки осадком сточных вод и уплотняли его вокруг стволиков, а затем поливали. После окончания

посадки между высаженными растениями вручную разбросали семена местных травянистых растений; на части площади опытного участка местами были высажены ивовые черенки. В последующие дни в окрестностях полигона прошли дожди, и дополнительный полив высаженных растений не потребовался.

Высаженные в 1999 г. саженцы березы повислой, осины, ивы козьей и облепихи крушиновидной весной и летом 2000 г. имели приживаемость 70...75%, а летом 2002 г. – 57...72%, что для крутых склонов отвала фосфогипса следует считать вполне приемлемой.

Прижившиеся саженцы успешно росли и на следующий год после посадки имели среднюю высоту стволиков около 50...70 см и диаметр корневой шейки – 4.0...6.0 мм. Через 3 года их высота составляла уже 80...100 см, а диаметр – 6.5...10.0 мм (табл. 37).

Таблица 37. Динамика роста деревьев и кустарников в высоту и по диаметру на опытном участке в 2000–2007 гг.

Порода дерева, кустарника	Средние высота стволиков (H) и диаметр корневой шейки (D)*, по датам измерений				
	27.07.2000 г.	30.04.2002 г.		29.11.2007 г.	
	H, см	H, см	D, мм	H, см	D, мм**
<i>Деревья, высаженные саженцами, выкопанными на старом отвале фосфогипса</i>					
Береза повислая	66.1±5.7	88.0±19.9	6.6±1.0	519±26	44.4±2.6
Осина	70.6±4.6	88.8±4.6	7.8±1.1	432±19	35.0±5.7
Ива козья	63.8±3.5	79.1±7.9	7.8±0.9	336±42	40.2±6.7
Облепиха крушиновидная***	49.4±3.0	100.0±8.4	9.9±1.0	210±23	27.5±2.5
<i>Деревья семенного происхождения (самосев)</i>					
Береза повислая	–	56±7.4	5.0±0.8	407±23	32.3±2.2
Осина	–	46±4.9	4.1±0.7	445±28	36.8±3.1
Ива козья	–	42±5.7	4.2±0.8	283±18	26.0±2.5
Ольха серая	–	Не определяли		410±29	38.1±3.6
<i>Кустарники, высаженные саженцами из питомника</i>					
Роза морщинистая	47.4	71.0±6.0	7.1±0.9	155±7	13.2±1.8
Снежноягодник белый	50.6	83.0±6.7	6.8±0.7	193±7	9.3±1.5
Дерен красный	48.0	72.4±5.3	6.9±1.2	192±14	17.3±1.2

* Средние арифметические величины и их средние квадратические ошибки.

** Средние значения диаметра стволов на высоте 0.5 м от поверхности почвы.

*** Саженцы облепихи были выкопаны в культурах сосны рядом с отвалом фосфогипса.

В 2006–2007 гг. сохранность высаженных деревьев значительно снизилась (до 30...50%). Однако прижившиеся деревья, особенно березы и осины, отличались очень быстрым ростом в высоту и по диаметру стволов (средние высота и диаметр составляли 4.3...5.2 м и 35...45 мм соответственно, а у отдельных экземпляров – до 6.2...6.3 м и 50...55 мм).

Через 2...3 года после покрытия поверхности отвала фосфогипса слоем ОСВ, к июлю 2002 г., на опытном участке появилась обильная поросль деревьев, выросших из занесенных естественным путем семян: осины – в количестве около 850 шт. на 1 га, березы и ивы – около 90...110 шт./га. Высота их составляла в среднем 42...56 см (отдельные экземпляры осины достигали 180...190 см), а диаметр корневой шейки – 4.1...5.0 мм.

Через 8 лет после закладки опыта средняя высота самосева березы, осины, ивы и ольхи серой (*Alnus incana*) достигала уже 2.8...4.4 м при среднем диаметре стволов 26...38 мм (см. табл. 37).

Кустарники, высаженные на опытном участке саженцами, также неплохо прижились и успешно росли. Роза морщинистая, снежноягодник белый и дерен красный через 1 год после посадки имели среднюю приживаемость 70...80%, через 3 года – 40...55%; высоту – 47...51 и 71...83 см; диаметр корневой шейки – 3.0...4.0 и 7.0...8.0 мм соответственно. Через 8 лет после посадки, вследствие засушливых периодов, количество кустарников резко сократилось (до 20...40%), однако сохранившиеся экземпляры в среднем имели высоту 155...193 см при диаметре стволиков 9...17 мм.

Густота молодого насаждения, созданного на опытном участке из деревьев и кустарников, в настоящее время неравномерная и варьирует в пределах от 40...70 до 100...200 шт. на каждые 100 м², составляя в среднем около 10 тыс. шт./га. В нижней части склона, у основания отвала фосфогипса, на насыпанном осадке сточных вод разрослись труднопроходимые заросли молодняка березы, осины, ивы и ольхи. Высота древесного яруса там достигает 5...7 м при

среднем диаметре стволов около 6...8 см; густота молодняка варьирует в пределах 100...300 шт. на 100 м².

Таким образом, на опытном участке сильно развился и в течение 10 лет хорошо сохранился растительный покров из деревьев, кустарников и трав.

В июле 2010 г. при повторном обследовании опытного участка было установлено, что слой осадка сточных вод над фосфогипсом по-прежнему составлял около 20...25 см. Раскопка корневых систем деревьев, кустарников и трав показала, что они практически полностью сосредоточены в этом слое осадка. Крупные древесные корни (диаметром до 4...6 см и длиной 3...5 м и более) были вытянуты вдоль склона, параллельно поверхности нижележащего отвала фосфогипса. Количество их достигало 2...4 шт. на 1 дм² вертикальной стенки прикопки.

Количество мелких (сосущих) корней в слое ОСВ варьировало в пределах 15...30 шт./дм² (рис. 9).

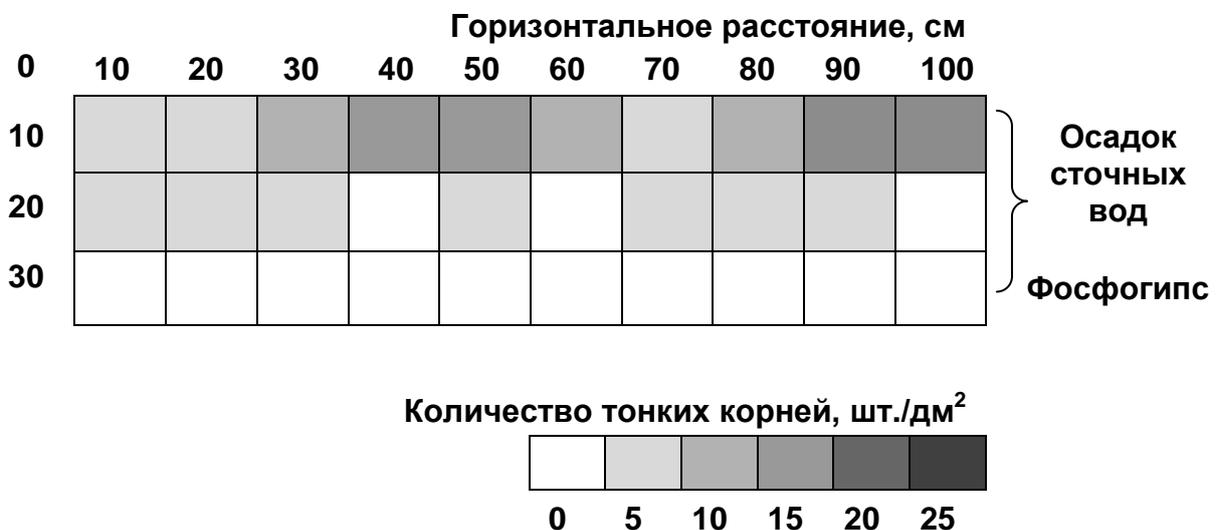


Рис. 9. Насыщенность тонкими (сосущими) корнями субстрата на опытном участке 1р в слое 0...30 см (подсчет сделан на вертикальной стенке прикопки)

В качестве искусственного почвенного субстрата лучше всего использовать применяемый в растениеводстве растительный грунт. Однако экономически более выгодно с этой целью утилизировать

осадки сточных вод. ОСВ можно применять как в чистом виде, так и в смеси с песком из карьеров, пустыми породами, остающимися после добычи полезных ископаемых, а также с золошлаковыми отходами, древесной корой, опилками и другими местными материалами. Примерное соотношение ОСВ и этих материалов рекомендуется равным 2:1 или 1:1 по объему.

Для рекультивации мы рекомендуем проводить смешанное зарращивание полигонов складирования промышленных отходов деревьями, кустарниками и травяно-моховым покровом. Саженцы на отвалах целесообразно размещать отдельными посадочными рядами, чередуя ряды деревьев и ряды кустарников. Для лучшей приживаемости высаженных растений необходимо организовать их регулярный полив с помощью автоцистерны методом дождевания; поливать следует и впоследствии при засушливой погоде. Агротехнический и лесоводственный уход за высаженными растениями могут не потребоваться; желательно лишь осуществлять подсадку деревьев и кустарников на месте погибших и подсев семян трав на оголенных участках поверхности отвалов.

Разработанная нами технология лесобиологической рекультивации отвалов промышленных отходов позволяет значительно сократить водную и ветровую эрозию на их поверхности, снизить загрязнение почвенно-грунтовых вод и атмосферного воздуха, улучшить рекреационно-эстетические характеристики окружающих ландшафтов.

Кроме того, эта технология дает возможность масштабной утилизации отходов промышленности и коммунального хозяйства. Так, при лесохозяйственной рекультивации полигона складирования фосфогипса около г. Воскресенска Московской обл. районные очистные сооружения были полностью освобождены от ОСВ, а также возможна их дальнейшая утилизация в больших объемах.

В результате проведенных экспериментальных исследований сотрудниками ВНИИЛМ получен патент на изобретение и опубликована монография «Лесобиологическая рекультивация полигонов

складирования фосфогипса» [45]. За разработку технологии лесобиологической рекультивации полигонов складирования фосфогипса сотрудники ВНИИЛМ награждены дипломами лауреатов конкурса «Эколог года Подмосковья».

По заказу ОАО «Воскресенские минеральные удобрения» разработан рабочий проект рекультивации и озеленения нового полигона складирования фосфогипса, который прошел все необходимые согласования, одобрен региональной экологической экспертизой и в настоящее время реализуется заказчиком.

Научно-производственный опыт лесобиологической рекультивации отвалов промышленных отходов можно считать успешным и рекомендовать для широкого внедрения в производственной деятельности промышленных предприятий для озеленения отвалов промышленных отходов, малопригодных для естественного зарастания растительностью.

7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

При использовании в качестве удобрений загрязненных органических отходов, в частности осадков сточных вод, большое значение имеют способы снижения вредного воздействия их на почву и растения. Осадки сточных вод, как правило, загрязнены тяжелыми металлами, синтетическими поверхностно-активными веществами, красителями; в них также могут находиться болезнетворные микроорганизмы, яйца гельминтов и другие вредные для растений и человека вещества и организмы. Особенно сильное загрязнение наблюдается в городах и промышленных центрах, где в хозяйственно-бытовые сточные воды сбрасывают промышленные стоки. Характер и интенсивность деятельности отдельных производственных структур оказывают существенное влияние на химический состав таких стоков.

Слабозагрязнённые осадки сточных вод в лесной, целлюлозно-бумажной, пищевой (сахарной, кондитерской), химической, топливной промышленности в большинстве случаев пригодны для использования в качестве удобрения. Сточные воды и ОСВ в нефтеперерабатывающей, цветной и черной металлургии наиболее сильно загрязнены токсикантами и в качестве удобрений не используются [107].

Осадки, прошедшие аэробную или анаэробную обработку, могут быть использованы на рекультивируемых землях, в лесных культурах, на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, в том числе пахотных землях, в период покоя растений, на лугопастбищных угодьях, в виноградниках, плодовых садах. Осадок, прошедший компостирование или высушивание, допускается к применению на всех угодьях.

На протяжении последних десятилетий тяжёлые металлы, содержащиеся в осадках сточных вод, рассматриваются в литературе как опасные загрязнители окружающей среды. Соли тяжелых металлов обладают высокой токсичностью и способностью накапливаться в выращиваемых культурах и пищевых цепях. Судя по скоро-

сти естественной химической миграции элементов и их продвижения в состав биосферы в процессе техногенного загрязнения, наиболее опасными могут быть: Cd, Pb, Zn, Hg, Sb, Co, Ni, Cu, Cr.

До тех пор, пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на окружающую среду будет незначительным. Но если почвенные условия позволяют им перейти в почвенный раствор, появляется прямая опасность загрязнения почв, возникает вероятность проникновения их в растения и попадания в организм человека по пищевым цепям. Опасность загрязнения почв и растений зависит от вида растений, форм химических соединений в почве, присутствия элементов, противодействующих влиянию тяжёлых металлов и веществ, образующих с ними комплексные соединения, от процессов адсорбции и десорбции, количества доступных форм этих металлов в почве, почвенно-климатических условий [52, 129].

Многочисленные исследования показывают, что почва обладает способностью иммобилизовывать определенное количество содержащихся в ОСВ тяжелых металлов, переводя их в труднорастворимые формы. Защитные свойства почв в большей мере обусловлены их агрохимическими свойствами, которые можно оценить, используя общепринятые методики [2]. Весьма опасен процесс постепенного перехода тяжелых металлов из малорастворимых в подвижные, доступные растениям формы.

Основная масса тяжёлых металлов связана с органическим веществом, в процессе разложения которого образуется динамичный постоянный запас их подвижных форм [63, 64]. Металлы, доступные растениям и способные к вымыванию, находятся в почвенном растворе в виде свободных ионов, комплексов и хелатов. Равновесная концентрация контролируется величиной pH, органическим веществом, составом почвенного раствора и твёрдой фазой почвы.

По потенциальной экологической опасности тяжёлые металлы и другие токсиканты подразделяются на 3 группы: токсичные (1 класс опасности) – As, Cd, Hg, Pb, Zn, Se; среднетоксичные (2 класс опас-

ности) – Ag, B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr; слаботоксичные (3 класс опасности) – Br, Ba, V, W, Mn, Sr [18, 35].

Многие учёные считают, что наибольшую опасность в экологическом отношении представляют кадмий (Cd), никель (Ni), цинк (Zn) – металлы, обладающие способностью активно мигрировать и имеющие высокую способность к комплексообразованию [11, 34, 35, 98, 149]. К наименее подвижным относят свинец (Pb), затем марганец (Mn) и медь (Cu) [149].

В экологическом отношении наиболее опасен Cd – высокотоксичный элемент, обладающий большой подвижностью и способностью в значительных количествах накапливаться в растениях. Его ионы нарушают фиксацию атмосферного азота, процессы аммонификации, нитрификации и денитрификации [36, 131].

Содержание цинка (Zn) в почвах колеблется от 10 до 800 мг/кг, чаще составляет 30...50 мг/кг. В растениях цинк токсичен при концентрации более 400 мг/кг. Накопление избыточного количества элемента (обычно накапливается в зелёных листьях) подавляет жизнедеятельность микрофлоры, вследствие чего нарушаются процессы преобразования органического вещества. Избыток цинка затрудняет дыхание почвы, процесс разложения целлюлозы [3].

Никель (Ni) усиливает усвоение железа (Fe), кальция (Ca) и цинка.

Хром (Cr) необходим в малом количестве для нормального роста и развития растений; он активизирует окислительно-восстановительные ферменты, входит в состав трипсина, усиливает образование аскорбиновой кислоты, участвует в процессах дыхания.

Свинец (Pb) в малых количествах влияет на поглощение воды растениями, процесс фотосинтеза, повышает содержание крахмала и ускоряет прорастание растений. Однако при наличии в почве свинца (Pb) в количестве 40...60 мг/кг замедляется рост многих культур.

Изучение фракционного состава соединений тяжёлых металлов в почвах с ОСВ, проведённое в МГУ им. Ломоносова на факультете почвоведения, позволило выделить следующие фракции соединений этих элементов:

- 1) водорастворимая;
- 2) обменная, представленная катионами тяжелых металлов, связанных электростатическими силами с почвенными компонентами;
- 3) специфически адсорбированная;
- 4) связанная с органическим веществом;
- 5) связанная с аморфными оксидами и гидроксидами;
- 6) связанная с окристаллизованными оксидами и гидроксидами Fe;
- 7) остаточная фракция.

Экспериментально было установлено, что наиболее значительный фактор, влияющий на подвижность тяжёлых металлов, – реакция почвы. По данным ЦОС ВИУА, уменьшение величины рН на 1.8...2.0 ед. приводит к увеличению подвижности Zn в 5.4...5.8 раза, Cd – в 4...8 раз, Pb – в 3...6 раз и Cu – в 2...3 раза. Есть данные, что при увеличении кислотности почвы на одну единицу подвижность Zn и Cd может возрастать в 100 раз [143].

С повышением величины рН увеличивается содержание в почве карбонатов, бикарбонатов и гидроксидов тяжелых металлов, что приводит к уменьшению их подвижности. По некоторым данным, наибольшая нерастворимость тяжелых металлов обеспечивается при рН 6.5.

Известкование почв, сдвигая кислотно-щелочное равновесие, заметно снижает содержание легкорастворимых и обменных соединений, в частности, кадмия [69].

На подвижность металлов в почве влияет концентрация в ней органического вещества. Переход элементов в малоподвижную форму протекает наиболее интенсивно в почвах с высоким его содержанием. Органическое вещество почвы снижает концентрацию солей в почвенном растворе, уменьшает фитотоксичность и препятствует поступлению их в растения. Особенно наглядно это проявляется на лёгких по гранулометрическому составу почвах с малой ёмкостью катионного обмена. Наблюдалось снижение мобильности Cu, Pb, Ni, Zn за счёт образования нерастворимых металлооргани-

ческих соединений в условиях применения ОСВ [130]. Однако органо-минеральные соединения некоторых металлов (Mn, Pb, Co, Zn, Ni, Cu) могут обладать и высокой подвижностью, хорошо мигрируя с почвенной влагой и поступая в растения [3].

Следующим фактором, влияющим на подвижность металлов в почве, является её гранулометрический состав. Чем тяжелее почва по гранулометрическому составу, тем быстрее и в значительных концентрациях накапливаются в ней тяжёлые металлы [63, 123,130]. В некоторых исследованиях доказано, что применение осадков сопровождалось более заметным увеличением концентрации тяжёлых металлов в суглинистой почве, чем в опесчаненном суглинке. Накопление металлов определяется не только адсорбцией на почвенных частицах, но может происходить и за счёт проникновения их внутрь кристаллической решётки минералов [134].

Некоторые исследователи пришли к выводу, что тяжелые металлы присутствуют в почве естественного насаждения и наибольшее их количество аккумулируется в лесной подстилке (A0) и в горизонте С. В подстилку они проникают с атмосферными осадками, а повышенное их содержание в горизонте С некоторых почв объясняется ходом процессов формирования почвообразующих пород [3].

Осадки сточных вод могут служить источником загрязнения не только почв, но и грунтовых вод, которые, в свою очередь, являются источником водоснабжения. В настоящее время, в связи с возрастанием числа случаев размещения и захоронения больших объемов отходов, существует реальная опасность загрязнения почв токсикантами с последующим их перемещением в грунтовые воды. Так как водоносные горизонты самоочищаются очень медленно, даже однократное загрязнение может сохраняться в течение многих лет. С учётом возможного передвижения токсикантов по профилю почвы вносить ОСВ в суглинистые и глинистые почвы при залегании грунтовых вод менее 1 м, песчаных и супесчаных – менее 1.25 м не допускается [104].

Внесение в почву осадков сточных вод изменяет валовое содержание элементов и уровень их подвижных форм, вне зависимости от вида применяемого удобрения. Так как тяжелые металлы в различных концентрациях входят в состав ОСВ, возникает необходимость регламентированного подхода к оценке их токсичного влияния на агроэкологическую систему той или иной почвенной разновидности по уровню элементной насыщенности почвы [35, 148]. Дозы внесения в почву мелиорантов, содержащих фитотоксичные соединения, должны быть ограниченными, чтобы не превысить ПДК или ОДК тяжелых металлов в удобренных почвах. На этот счет существуют различные экспериментальные свидетельства.

Внесение в дерново-подзолистые супесчаные почвы ОСВ в дозе 500 т/га вызвало превышение ПДК по Ni и Cu в слое почвы 0...20 см [36]. В варианте опыта с внесением в почву ОСВ в дозе 500 т/га концентрация Cd, Ni, Zn на глубине 100...120 см не превышала их содержание в контроле. Наличие глинистых прослоек в почве препятствует проникновению тяжелых металлов в более глубокие горизонты и их поступлению в грунтовые воды. Использование иловых осадков в качестве мелиорантов дерново-подзолистых супесчаных почв не приводит к накоплению тяжелых металлов в горизонтах ниже 60 см, что уменьшает опасность загрязнения ими грунтовых вод.

При дозе внесения ОСВ 15 т/га (по сухому веществу) суммарное загрязнение тяжёлыми металлами почвы в слоях 0...5, 0...10, 0...20 см послойно снижается почти в 3 раза, что свидетельствует об уменьшении концентрации загрязнителей с глубиной [21].

ОСВ в дозах от 40 до 100 т/га повышает в год внесения валовое содержание тяжелых металлов в пахотном слое почвы, но их концентрация остается ниже ПДК [12]. На второй год после внесения осадка наблюдается тенденция к снижению содержания тяжелых металлов в почве. Внесение ОСВ в указанных дозах незначительно повышает концентрацию ионов тяжёлых металлов в почве, что не нарушает защитные барьеры растений, особенно при формировании репродуктивных органов. Кроме того, значительная

часть ОСВ представлена органическим веществом, которое имеет высокую поглотительную способность по отношению ко многим тяжелым металлам, связывая их в комплексные соединения хелатного типа, малодоступные для растений.

Способы обработки осадков перед их применением оказывают влияние, с одной стороны, на соотношение форм металлов и вредных организмов в них, с другой – на способность их изменять свойства почвы.

Частичный обеззараживающий эффект дает мезофильное (при температуре 33...35 °С) или термофильное (при 53...55 °С) анаэробное сбраживание осадков в метантенках. При термофильном сбраживании происходит выделение большого количества газа – метана, весьма ценного для использования в хозяйственных целях. В сброженном осадке сохраняются яйца гельминтов, которые погибают через несколько лет после хранения ОСВ на открытых иловых площадках [24, 135].

Для снижения токсичности и обеззараживания осадков существует ряд технологических приёмов: известкование до рН 11...12; компостирование с наполнителями (торфом, опилками и др.); подсушивание на площадках и выдержка в буртах с периодическим перемешиванием; радиационная обработка, а также химические способы, к которым относится обработка осадков аммиаком или тиазоном [83, 87].

Наиболее распространённым реагентом, обеззараживающим ОСВ, является негашёная известь. Внесение ее в дозах, обеспечивающих повышение рН до 11...12, приводит к стабилизации осадка, гибели патогенной микрофлоры, яиц гельминтов и устраняет неприятный запах. Обеззараживание осадка сточных вод и полная его дегельминтизация наступает в результате прогрева осадка до 60 °С за счёт экзотермической реакции гашения извести. При этом добавление молотой негашёной извести обеспечивает снижение влажности осадков на 15...20%. Перемешанный с известью осадок формирует-

ся в бурты на площадках для складирования. Этот метод широко применяется в странах Западной Европы и в нашей стране [54].

Обработанный известью осадок особенно ценен для кислых почв. По мнению некоторых учёных, эффективной мерой снижения подвижности тяжелых металлов является известкование почв. Вместе с тем, необходимо учитывать, что известь снижает доступность для растений фосфора [24, 96].

Одним из передовых способов, снижающих токсичность осадков сточных вод, является компостирование. Компостирование ОСВ, особенно в сочетании с обработкой их известью в условиях аэрирования, способствует переводу тяжелых металлов из подвижных форм в труднорастворимые и таким образом снижает их токсичность.

Обеззараживание ОСВ производится, в основном, на станциях аэрации, имеющих установки для механического обезвоживания осадков методами центрифугирования, вакуум-фильтрования и фильтр-прессования.

Осадок с иловых площадок, достигший влажности 80...82%, можно обеззараживать жидким аммиаком. Перемешивание ОСВ с аммиаком осуществляется с помощью шнекового кормопитателя, обеспечивающего равномерное распределение его в осадке. В течение 10 суток в герметизированных полиэтиленовых контейнерах происходит процесс обеззараживания осадка. Для полной гибели яиц гельминтов необходимая доза аммиака составляет 4% массы осадка при температуре последнего 15 °С.

Эффективность обеззараживания осадка тиазоном зависит от дозы тиазона, условий его смешивания с осадком и продолжительности последующей выдержки в закрытой ёмкости или под плёнкой. Смешивание осадка и тиазона рекомендуется проводить в двухроторном смесителе при влажности осадка 60...82%, концентрации тиазона 0.25% и времени перемешивания 5...20 мин. Полное обеззараживание наступает через 6...8 сут. Обработанный осадок выдерживают в буртах в течение 7...9 сут. при температуре воздуха более 10 °С и не менее 15 сут. при температуре менее 10 °С.

Используемые в качестве удобрений осадки сточных вод должны строго контролироваться и предусматривать применение экологически безопасных их доз, чтобы количество того или иного тяжелого металла в почве после внесения ОСВ не превышало ПДК [82].

Одним из ограничений использования одноразовой дозы осадка служит допустимое содержание в нем минерального азота. При выращивании большинства сельскохозяйственных культур оно не должно превышать 200 кг/га/год, при орошении – 300 кг/га, с учётом азота из других источников поступления [128].

ОСВ содержат соли тяжёлых металлов, поэтому в «Требованиях к качеству сточных вод и их осадков, используемых для орошения и удобрения» [100, 101] приведены рекомендации по расчету экологически безопасных доз внесения осадка в почву. Согласно требованиям расчёт производится по формуле:

$$TДН = \frac{0,8 \times ПДК(ОДК) \times C_{п}}{C_{осв}} \times 3000$$

- где: *TДН* – теоретически допустимая максимальная разовая норма внесения в почву осадка, т/га по сухой массе;
- ПДК* – предельно допустимая концентрация тяжелого металла в почве, мг/кг;
- ОДК* – при отсутствии утверждённых ПДК по содержанию отдельных тяжёлых металлов в почве в расчетах используют ориентировочно допустимые количества тяжелых металлов в почве;
- C_п* – фактическое содержание тяжелого металла в почве, мг/кг сухой массы;
- C_{осв}* – содержание тяжелого металла в осадке, мг/кг сухой массы;
- 3000* – масса пахотного слоя почвы в пересчёте на сухое вещество, т/га;
- 0.8* – понижающий коэффициент для обеспечения надежности безопасной дозы ОСВ.

Расчет экологически безопасных доз является неотъемлемым этапом при возможном использовании осадков сточных вод в качестве удобрений. Учитывая возможное негативное влияние осадков на почвенно-растительный покров и грунтовые воды, теоретически рассчитанные дозы необходимо проверить в экспериментальных условиях.

При работе с осадками сточных вод необходимо соблюдать следующие меры предосторожности и техники безопасности:

- ✓ надевать специальные халаты или комбинезоны, резиновые или матерчатые перчатки, специальную обувь;
- ✓ для защиты органов дыхания использовать ватно-марлевые повязки или респираторы;
- ✓ на местах работы должны быть умывальники с водой, мыло, аптечки первой помощи;
- ✓ во время внесения осадков сточных вод не разрешается курить, пить или принимать пищу;
- ✓ по окончании работы следует тщательно вычистить одежду, вымыть с мылом руки, лицо и прополоскать рот чистой водой;
- ✓ на месте работы необходимо выставить предупредительные аншлаги и надписи;
- ✓ на работу с ОСВ не должны допускаться больные, подростки, а также беременные и кормящие матери;
- ✓ на участках с внесенными в почву осадками сточных вод должен запрещаться сбор грибов, ягод, выпас скота, о чем должно быть сообщено на специально установленных аншлагах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненных исследований подтвердили лесоводственную и экономическую эффективность использования органических отходов в качестве удобрений для повышения плодородия почв на лесохозяйственных объектах.

1. В лесных питомниках при выращивании посадочного материала хвойных пород в полевых опытах в почву вносили удобрения на основе органических отходов: торфопомётные компосты, осадки сточных вод и компосты на их основе в дозах от 25 до 100 т/га (из расчета по сухому веществу). При внесении таких удобрений в пахотном слое снижалась плотность почвы (на 0.1...0.2 г/см³), увеличивались общая пористость и полная влагоемкость, а также содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов (на 15...50%). Кроме того, увеличивалось содержание органического вещества (на 0.5...1.5%), минерального азота (на 10...30 мг/кг), подвижного P₂O₅ и обменного K₂O (на 20...35 мг/кг и более); снижалась почвенная кислотность. Такое положительное действие прослеживалось не менее 3-х лет.

Внесение в почву выдержанного в отвалах ОСВ обуславливало увеличение среднего диаметра корневой шейки сеянцев и саженцев (на 11...26%), средней высоты стволиков (на 5...27%), среднего текущего прироста стволиков по высоте (на 8...70%); общей биомассы саженцев (на 5...29%) и ее отдельных фракций. Выход стандартного посадочного материала с единицы площади питомника повышался на 30...65%.

Вместе с тем, внесение свежего некомпостированного осадка сточных вод приводило к заметному снижению приживаемости и роста саженцев хвойных пород в первые годы после посадки. Это, по-видимому, является следствием отрицательного действия токсичных соединений осадка на сосущие корни растений. Полевые опыты показали, что осадки сточных вод следует вносить не в свежем виде, а только после выдерживания в течение одного-двух лет в отвалах или после компостирования.

Вычисленные расчетным методом концентрации тяжелых металлов в удобренной почве были значительно ниже величин ПДК или ОДК. С внесением удобрений из органических отходов во всех вариантах опытов не происходило существенного загрязнения почвы тяжелыми металлами. Миграция тяжелых металлов (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn) с лизиметрическими водами не наблюдалась, хотя в них несколько повышались концентрации растворенного органического углерода, аммонийного и нитратного азота, фосфатов и сульфатов.

Небольшие дозы внесенного ОСВ (10...50 т/га) оказывали стимулирующее воздействие на активность почвенной микрофлоры, а также на всхожесть семян сосны и ели.

Максимальный лесоводственный эффект от ОСВ наблюдался в вариантах с внесением его в дозах 50...100 т/га из расчета на сухое вещество. С учетом обеспечения экологической безопасности осадки сточных вод и компосты на их основе рекомендуется вносить в дозах до 50 т/га один раз в севооборот.

2. Эксперименты, проведенные в тепличном комплексе Семёновского спецземлесхоза Нижегородской обл., показали возможность использования осадка сточных вод и торфокомпоста на его основе для приготовления тепличного субстрата при выращивании сеянцев сосны с закрытой корневой системой. Добавление этих органоминеральных удобрений к торфу или песку из карьера ускоряло прорастание семян на 5...7 суток, увеличивало выход сеянцев с единицы тепличной площади (в оптимальных вариантах опыта на 15..17%).

Основной экономический эффект от применения ОСВ и торфокомпоста складывался за счет меньших затрат на приготовление тепличного субстрата при использовании таких материалов. Дополнительная прибыль от выращивания сеянцев на субстрате из смеси песка с ОСВ по сравнению с базовой технологией достигала наибольшей величины – более 10 тыс. руб. на 1 тыс. кассет. Кроме того, использование в тепличном комплексе песка вместо торфяного

субстрата дает возможность сэкономить ежегодно до 80 т торфа и утилизировать около 2.7 т осадка сточных вод.

Такие тепличные субстраты с использованием для их приготовления дешевых, экономически выгодных и биологически эффективных материалов (ОСВ и песка) рекомендованы нами до внедрения в производство.

3. Полевые опыты на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной, поставленные в Куровском ОЛХ, показали, что при внесении ОСВ в качестве органического удобрения в дозах 15...50 т/га существенно улучшались физические и агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы. Эффективность удобрения возрастала с увеличением вносимой дозы. Содержание тяжелых металлов в удобренной почве было значительно ниже ОДК и ПДК этих элементов, что объясняется невысоким содержанием токсичных веществ в осадке и использованием его в невысоких дозах.

Осадок оказывал влияние на смену типа цветения сосны, влиял на динамику цветения ювенильных клонов, увеличивал цветение семеносящих клонов, стимулировал женское и мужское цветение сосны. Пыльца клонов, растущих на удобренных почвах, показала улучшенную жизнеспособность и энергию роста пыльцевых трубок.

Удобрение почвы сказалось на увеличении урожая шишек и семян сосны. ОСВ в дозах 30 и 50 т/га оказали более сильное и продолжительное во времени действие, увеличивая урожай семян в 1.8...4.2 раза в течение трех лет наблюдения.

Улучшились посевные качества семян – всхожесть и энергия прорастания. На средневозрастных ЛСП дозы ОСВ 25 и 50 т/га улучшили все показатели качества семян, но доза 15 т/га оказалась для сосны этого возраста недостаточной для улучшения качества созревающего урожая. Положительное действие удобрения на рост и развитие сосны обыкновенной наблюдалось в течение двух-трех лет.

На лесосеменных плантациях сосны обыкновенной ОСВ рекомендуется вносить в дозах 30...50 т/га вдоль рядов деревьев, заде-

лывая его в почву полосами шириной 1.5...2 м таким образом, чтобы не повредить корни растений. Желательно вносить удобрения до закладки плантаций; периодичность внесения составляет 3–4 года.

4. Результаты полевых опытов с удобрением почв осадком сточных вод и компостной смесью на его основе показали, что 1...2-летние культуры ели вследствие внесения удобрения в почву приживались и росли лучше, чем в контроле. Они имели заметно больший средний текущий прирост по высоте стволиков (на 5...10% на более плодородной почве и на 30...35% на наименее плодородной почве).

Используя в опытах удобрения из органических отходов, в частности ОСВ из очистных сооружений Рязанского кожевенного завода и компосты на их основе, характеризуются высокой удобрительной ценностью. Они богаты органическим веществом, содержат большие количества азота, фосфора, кальция и других элементов минерального питания растений, имеют высокое значение рН и могут служить известковым материалом, снижая кислотность почв.

5. Впервые разработана технология ускоренной лесобиологической рекультивации отвалов промышленных отходов на примере полигона складирования фосфогипса, принадлежащего ОАО «Воскресенские минеральные удобрения». Свежие отвалы фосфогипса, непригодные для произрастания растений, покрывали слоем искусственного почвогрунта из осадка сточных вод местных очистных сооружений.

На основе проведенных экспериментов рекомендуется осуществлять смешанное зарощивание полигонов складирования промышленных отходов деревьями, кустарниками и травяно-моховым покровом. Саженцы на отвалах целесообразно размещать отдельными посадочными рядами, чередуя ряды деревьев и ряды кустарников. Для лучшей приживаемости и роста высаженных растений необходимо проводить их регулярный полив. На месте погибших растений желательно осуществлять посадку деревьев и кустарни-

ков, а также подсев семян трав на оголенных участках поверхности отвалов.

Разработанная технология лесобиологической рекультивации отвалов промышленных отходов позволяет значительно сократить водную и ветровую эрозию на их поверхности, снизить загрязнение почвенно-грунтовых вод и атмосферного воздуха, улучшить рекреационно-эстетические характеристики местности, а также способствует утилизации осадков сточных вод, являющихся проблемными отходами.

По заказу ОАО «Воскресенские минеральные удобрения» разработан рабочий проект рекультивации и озеленения полигона складирования фосфогипса, который прошел все необходимые согласования, одобрен региональной экологической экспертизой и в настоящее время реализуется заказчиком.

Научно-производственный опыт лесобиологической рекультивации отвалов промышленных отходов можно рекомендовать для широкого внедрения в производственной деятельности промышленных предприятий при озеленении отвалов промышленных отходов, малопригодных для естественного зарастания растительностью.

6. При использовании в качестве удобрений загрязненных органических отходов, в частности осадков сточных вод, большое значение имеют способы снижения вредного воздействия их на почву и растения. Наибольшую опасность в экологическом отношении представляют тяжелые металлы, обладающие способностью активно мигрировать – кадмий (Cd), никель (Ni), цинк (Zn) и другие.

Возникает необходимость регламентированного подхода к оценке их токсичного влияния на агроэкологическую систему той или иной почвенной разновидности по уровню элементной насыщенности почвы. Чем тяжелее почва по гранулометрическому составу, тем активнее и в больших концентрациях в ней накапливаются тяжелые металлы. С учетом возможного передвижения токсикантов по профилю почвы не допускается внесение ОСВ на суглини-

стых и глинистых почвах при залегании грунтовых вод менее 1 м, на песчаных и супесчаных – менее 1.25 м.

Существует ряд технологических приёмов для снижения токсичности и обеззараживания осадков, в том числе: известкование до рН 11...12; компостирование с наполнителями (торфом, опилками и др.); подсушивание на площадках и выдержка в буртах с периодическим перемешиванием; радиационная обработка, а также химические способы, к которым относится обработка осадков жидким аммиаком или тиазоном.

Согласно нормативным требованиям, используемые в качестве удобрений ОСВ должны подвергаться строгому контролю, предусматривающему применение экологически безопасных доз осадков с таким расчетом, чтобы количество того или иного тяжелого металла в почве после внесения ОСВ не превышало предельно допустимой концентрации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуль-Саттар, С. А.* Облесение террасированных откосов отвалов КМА: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук (06.03.01) / С. А. Абдуль-Саттар. – Воронеж, 1985.
2. *Агрохимические* методы исследования почв. – М. : Наука, 1975.
3. *Алексеев, Ю. В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – М. : Агропромиздат, 1997.
4. *Артюшин, А. М.* Краткий справочник по удобрениям / А. М. Артюшин, Л. М. Державин. – М. : Колос, 1971.
5. *Бахолдина, Н. В.* Влияние минеральных удобрений на посевные качества семян сосны обыкновенной / Н. В. Бахолдина, Е. В. Райхлина // Повышение плодородия лесных почв : сб. – М., 1989.
6. *Бельков, В. А.* Лесоводственно-экологическое обоснование рекультивации промышленных отвалов : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук (06.03.01) / В. А. Бельков. – Брянск, 1995.
7. *Биоэкологические* основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках / Е. М. Романов, Г. И. Редько, Д. В. Огиевский [и др.]. – М. : Лесн. пром-сть, 1983.
8. *Варфоломеев, А.* Приготовление промышленных компостов на основе твердых отходов деревообработки (химико-биологические аспекты) : обзорн. информ. / А. Варфоломеев. — М. : ВНИИТЭИагропром, 1992.
9. *Васильев, В. А.* Справочник по органическим удобрениям : 2-е изд., перераб. и доп. / В. А. Васильев, Н. В. Филиппова. – М. : Росагропромиздат, 1988.
10. *Васильев, С. Б.* Типы лесных культур на промышленных отвалах Подмосковья (на примере Егорьевского месторождения фосфоритов) : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / С. Б. Васильев. – М.: МГУЛ, 2000.
11. *Влияние* внесения иловых осадков на содержание и транслокацию тяжелых металлов в дерново-слабоподзолистой су-

песчаной почве / И. В. Коноплев, Е. И. Патрикеев, В. С. Жемкова, Т. С. Терехова // Современные проблемы учета и рационального использования лесных ресурсов. – Йошкар-Ола, МарГТУ, 1998.

12. *Влияние* осадков сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и продукции растениеводства / Н. А. Кузин, Г. Е. Гришин, Н. А. Фомин [и др.] // Бюл. ВИУА. – 2000. – № 13.

13. *Влияние* осадков сточных вод на фосфатное состояние дерново-подзолистых и торфяно-глеевых почв / Е. И. Горшкова, Л. К. Садовникова, Е. В. Лебедева, М. С. Беневоленский // Вест. МГУ. – Сер. 17. – 1998. – № 2.

14. *Ганичкина, О. А. Мой огород* / О. А. Ганичкина. – М. : Дом, ГП «Книгоэкспорт», 1997.

15. *Гармаш, Г. А. Влияние* тяжелых металлов, вносимых в почву с осадками сточных вод, на урожайность пшеницы и качество продукции / Г. А. Гармаш, Н. Ю. Гармаш // Агрохимия. – 1989. – № 7.

16. *Гольдфарб, Л. Л. Опыт* утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрений / Л. Л. Гольдфарб, И. С. Туровский, С. Д. Беяева. – М. : Стройиздат, 1983.

17. *Городний, Н. М. Биоконверсия* органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н. М. Городний, И. А. Мельник, М. Ф. Повхан. – Киев : Урожай, 1990.

18. *ГОСТ 12.1.007–76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.* – М.: Минздрав СССР, 1976.

19. *ГОСТР 17.4.3.07–2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.* – М. : Госстандарт России, 2001.

20. *Дмитриева, В. И. Эффективность* ОСВ в зависимости от доз и сроков внесения в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / В. И. Дмитриева. – М., 1969.

21. *Еськов, А. И. Проблемы и перспективы* производства и применения удобрений на основе промышленно-бытовых отходов и осадков сточных вод / А. И. Еськов // Экологические и технологиче-

ские вопросы производства и использования органических и органоминеральных удобрений на основе осадков городских сточных вод и твердых бытовых отходов : матер. междунар. симпозиума. – Владимир, 2004.

22. *Жигунов, А. В.* Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А. В. Жигунов. – СПб : СПбНИИЛХ, 2000.

23. *Жукова, Л. А.* Научно-практические основы обеззараживания и утилизации осадков сточных вод / Л. А. Жукова, И. В. Иноземцева // Совершенствование технических средств и технологии возделывания с.-х. культур. – Курск, 1995.

24. *Жукова, Л. А.* Осадки сточных вод в качестве удобрения / Л. А. Жукова, А. Ф. Пехлецкая, А. Ф. Сулима // Химизация сельского хозяйства. – 1988. – № 10.

25. *Зайцев, Г. А.* Лесная рекультивация / Г. А. Зайцев, Л. В. Моторина, В. Н. Данько. – М. : Лесн. пром-сть, 1977.

26. *Засорина, Э. В.* Почвообразовательная роль травянистых фитоценозов в техногенных экосистемах (на примере Стойленского ГОКа Белгородской области) : дисс. ... канд. биол. наук / Э. В. Засорина. – Курск, 1987.

27. *Застенский, Л. С.* Эколого-агротехнические основы облесения рекультивируемых карьеров : автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук (06.03.01) / Л. С. Застенский. – Л., 1983.

28. *Ильин, В. Б.* Тяжелые металлы в системе почва–растения / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991.

29. *Интенсификация* выращивания посадочного материала / А. Р. Родин, Н. Я. Попова, Д. С. Крестов [и др.] ; под ред. А. Р. Родина. – М. : Агропромиздат, 1989.

30. *Использование* животноводческих стоков, сточных вод и их осадков для орошения и удобрения сельскохозяйственных культур / Н. А. Романенко, Р. П. Воробьева, З. М. Гафурова [и др.]. – М., 1995.

31. *Использование осадков городских сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения* / Ю. Забулене, Э. Лукошюнене, В. Швильпене [и др.] // Тр. Лит. НИИ земледелия, 1990. – Т. 38.

32. *Использование ОСВ на удобрение* / Г. Е. Мерзлая, С. Ф. Полунин [и др.] // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – № 10.

33. *Казанский Г. В.* Использование отходов сельскохозяйственного производства / Г. В. Казанский. – М., 2001.

34. *Касатиков, В. А.* Агрохимические свойства осадков городских сточных вод и торфоиловых компостов / В. А. Касатиков // Агрохимия. – 1996. – № 8–9.

35. *Касатиков, В. А.* Критерии загрязненности почв и растений микроэлементами, тяжелыми металлами при использовании осадков сточных вод в качестве удобрения / В. А. Касатиков // Агрохимия. – 1991. – № 11.

36. *Касатиков, В. А.* Накопление тяжелых металлов в почве при внесении осадков городских сточных вод / В. А. Касатиков, С. М. Касатикова, С. В. Сабуров // Агрохимия. – 1994 – № 1.

37. *Кашпор, Н. Н.* Воспроизводство лесов: состояние и перспективы / Н. Н. Кашпор // Российская лесная газета. – № 18–19 (148–149). – 2 мая 2006 г.

38. *Кириллова, Т. В.* Исследование отстоя сточных вод при лесовыращивании / Т. В. Кириллова // Лесн. хоз-во за рубежом. – М., 1990. – № 7.

39. *Копылов, К. А.* Утилизация органических отходов в зеленом строительстве: экологические, технологические и управленческие аспекты : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / К. А. Копылов. – Йошкар-Ола, 2006.

40. *Кураев, В. Н.* Использование осадков сточных вод для повышения продуктивности лесосеменных плантаций сосны в условиях Московской области / В. Н. Кураев, И. Б. Риджал // Современные проблемы почвоведения и экологии : сб. ст. – Ч. 2. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2006.

41. *Кураев, В. Н.* Применение местных удобрений и почвенных мелиорантов в лесном хозяйстве / В. Н. Кураев, И. Б. Бахолдина, Н. Ф. Маврина // Лесоводство и лесоразведение : обзорн. информ. – 1994.

42. *Курганова Е. В.* Комплексная оценка осадков сточных вод / Е. В. Курганова, О. А. Копейкина // Агрехимический вестник. – 1999. – № 3.

43. *Лесная рекультивация нарушенных земель* / Я. В. Панков, В. Н. Данько, Л. П. Баранник [и др.] ; науч. ред. Я. В. Панков, В. Г. Шаталов. – Воронеж : изд-во Воронеж.ун-та, 1991.

44. *Лесной кодекс Российской Федерации. Комментарии* : изд. 2-е, доп. / Под общ. ред. Н. В. Комаровой, В. П. Рощупкина. – М. : ВНИИЛМ, 2007.

45. *Лесобиологическая рекультивация полигонов складирования фосфогипса* : изд. доп., перераб. / А. А. Мартынюк, В. Н. Кураев, Л.Л. Коженков [и др.]. – М. : ВНИИЛМ, 2006.

46. *Маврина, Н. Ф.* Экологическая оценка осадков сточных вод и обоснование возможности их использования в лесных питомниках : автореф. дисс. ... канд. биол. наук (03.00.16) / Н. Ф. Маврина. – М. : изд-во МГУЛ, 2001.

47. *Макаренко, С. В.* Влияние осадков сточных вод на урожай и качество продукции / С. В. Макаренко, Н. К. Чеботарев, Ю. И. Корнеев // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – № 4.

48. *Мальцев, Г. И.* Использование древесных опилок на удобрение / Г. И. Мальцев, Р. Е. Самородский, Н. М. Сударкина // Экспресс-информ. – М., 1987.

49. *Мартынюк, А. А.* Способ облесения отвалов промышленных отходов : пат. 2186474 / А. А. Мартынюк, Л. Л. Коженков, В. Н. Кураев. – М. : Гос. Реестр изобретений РФ, 2002.

50. *Мартынюк, А. А.* Способ повышения плодородия лесных почв: пат. 2407261 / А. А. Мартынюк, Л. Л. Коженков, В. Н. Кураев. – М. : Гос. Реестр изобретений РФ, 2010.

51. Мерзлая, Г. Е. Компост из осадков сточных вод / Г. Е. Мерзлая, Р. Афанасьев // Вторичные ресурсы. – 2006. – № 1 (30).

52. Миграция Cd, Zn, Pb, Sr из корнеобитаемого слоя дерново-подзолистых почв / И. А. Шильников, М. М. Овчаренко [и др.] // Агрохимический вестник. – 1998. – № 5–6.

53. Моторина, Л. В. Промышленность и рекультивация земель. /Л. В. Моторина, В. А. Овчинников. – М. : Мысль, 1975.

54. Мусекаев, Д. А. Изменение удобрительных свойств осадков городских сточных вод в результате их обработки с целью обеззараживания : сб. науч. тр. / Д. А. Мусекаев, В. А. Касатиков, С. М. Касатикова. – Центр.торфобол. станция, 1987.

55. Мухортов, Д. И. Применение НОМУЛП при выращивании сеянцев ели на дерново-подзолистых суглинистых почвах / Д. И. Мухортов, Е. М. Романов // Лесхоз. информ. – 1997. – № 9.

56. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках РСФСР. – М. : Лесн. пром-сть, 1979.

57. Наставление по лесосеменному делу. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1980.

58. Наставление по системам применения удобрений в лесном хозяйстве на европейской территории СССР. – М., 1983.

59. Новожилова, Е. О. Экологическая оценка культур сосны обыкновенной на отвалах Егорьевского месторождения фосфоритов : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Е. О. Новожилова. – М. : МГУЛ, 1994.

60. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2001 году : государственный доклад. – М. : Государственный центр экологических программ, 2002.

61. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2002 году : государственный доклад. – М. : Государственный центр экологических программ, 2003.

62. Об отходах производства и потребления :Федеральный закон от 24.06.1998 г. № У9-ФЗ.

63. *Овцов, Л. П.* Экологическая оценка осадков сточных вод и навозных стоков в агроценозе / Л. П. Овцов ; под ред. В. Г. Минеева. – М. : МГУ, 2000.

64. *Органические удобрения : справочник / П. Д. Попов, В. И. Хохлов, А. А. Егоров [и др.].* – М. : Агропромиздат, 1988.

65. *Органические удобрения, полученные в результате переработки коры тополя, ели в смеси с отбросами пищевой промышленности. Микробиологический процесс и химическая характеристика продукции / Р. Иодиче, Р. Варберис, М. Консильо, Е. Ролетто // Докл. о гумусе : сб. докл. 8-го Междунар. симпоз. : HumusetPlanta (Прага, 29 авг.– 3 сент., 1983).* – Т. 2. – Prague–Ruzyne, 1983.

66. *ОСТ 56-56–83. Компосты из коры. Технические условия.* – 1983.

67. *Отходы окорки и некоторые направления их комплексного использования.* – Петрозаводск, 1984.

68. *Панков, Я. В.* Научные основы биологической рекультивации техногенных ландшафтов : автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук (11.00.11) / Я. В. Панков. – Курск, 1996.

69. *Первунина, Р. И.* Влияние известкования дерново-подзолистой почвы на поступление кадмия в растения и на динамику его форм в почве / Р. И. Первунина, Н. Г. Зырин, С. Г. Малахов // Миграция загрязненных веществ в почвах и сопредельных средах. – М.: МГУ, 1985.

70. *Переработка осадка сточных вод в компост // Экспресс-информ.* – Сер.: водоснабжение и канализация. – № 19. – М. : ЦБНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1986.

71. *Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почвах : изд. спец.* – Минздрав СССР, № 6229-91. – М., 1991.

72. *Петров, В. М.* Не надо ждать милостей от природы, а создавать лесные плантации / В. М. Петров // Лесная газета. – № 31. – 18 апреля, 2006.

73. *Покровская, С. Ф.* Использование осадков сточных вод в сельском хозяйстве / С. Ф. Покровская, В. А. Касатиков // *Обзорн. информ.* – М. : ВНИИТЭИагропром, 1987.

74. *Покровская, С. Ф.* Новое в компостировании органических отходов / С. Ф. Покровская // *Земледелие.* – 1994. – № 2.

75. *Попова, М. П.* О потребности плодоносящей сосны в удобрениях / М. П. Попова // *Повышение плодородия лесных почв.* – М., 1989.

76. *Применение* обработанных химическими реагентами осадков городских сточных вод в качестве удобрений : рекомендации. – Владимир, 1986.

77. *Применение* отходов ЦБП в лесных питомниках : сб. ст. – Петрозаводск : Карел.науч. центр АН СССР, 1990.

78. *Рачковская, М. М.* Влияние ОСВ городских очистных сооружений на баланс азота в растениях / М. М. Рачковская, А. Ф. Рыльский, Н. Н. Никитченко // *Пром. ботаника: состояние и перспективы развития.* – Киев, 1990.

79. *Рекомендации по* использованию древесной коры в качестве тепличного грунта в лесном и сельском хозяйстве. – Архангельск : АИЛиЛХ, 1984.

80. *Рекомендации по* использованию древесной коры и осадка сточных вод в лесном и сельском хозяйстве. – Архангельск : АИЛиЛХ, 1984.

81. *Рекомендации по* использованию древесной коры и осадка сточных вод в лесных питомниках. – М. : МЛХ РСФСР, 1988.

82. *Рекомендации по* использованию осадков городских сточных вод в зеленом строительстве и сельском хозяйстве. – Л., 1987.

83. *Рекомендации по* использованию осадков очистных сооружений г. Пензы в качестве удобрения. – М., 1995.

84. *Рекомендации по* приготовлению и применению компостных удобрений на основе корового субстрата и других отходов ле-

созаготовительных, лесопильно-деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных предприятий Пермской области. – Пермь, 1989.

85. *Рекомендации по приготовлению органических удобрений на основе древесных отходов и куриного помета.* – Архангельск : АИЛиЛХ, 1987.

86. *Рекомендации по применению местных удобрений и мелиорантов в лесных питомниках на дерново-подзолистых почвах /* Сост.: В. Н. Кураев, Н. М. Климчук, Н. Ф. Маврина [и др.]. – М. : ВНИИЛМ, 2001.

87. *Рекомендации по применению осадков городских сточных вод с иловых площадок в качестве удобрения.* – Владимир, 1984.

88. *Риджал, И. Б.* Влияние осадков сточных вод на продуктивность лесосеменных плантаций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*L.) в зоне хвойно-широколиственных лесов : автореф. дисс. ... канд с.-х. наук (06.03.01) / И. Б. Риджал. – М. : МГУЛ, 2006.

89. *Родин, С. А.* Экологические основы интенсификации роста сосны и ели в культурах на вырубках / С. А. Родин, В. И. Суворов. – М.: ВНИИЛМ, 2007.

90. *Рожко, А.А.* Влияние компоста на рост сосны обыкновенной : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. – М. : МГУЛ, 2009.

91. *Романов, Е. М.* Биотехнологические аспекты производства новых органо-минеральных удобрений для лесных питомников / Е. М. Романов, Д. И. Мухортов // Лесн. журн. – 1997. – № 4.

92. *Романов, Е.М.* Биоэкологические, агротехнические и технологические аспекты : автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.01. – Йошкар-Ола, 1991.

93. *Романов, Е. М.* Интенсификация выращивания посадочного материала ели и сосны / Е. М. Романов.– Йошкар-Ола : Мин-во лесн. хоз-ва МАССР, 1978.

94. *Романов, Е. М.* Лесные культуры. Производство и применение нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках : учеб.пособ. / Е. М. Романов, Т. В. Нуреева, Д. И. Мухортов. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2001.

95. *Романов, Е. М.* Реакция сеянцев древесных растений на внесение в почву осадков сточных вод / Е. М. Романов // Лесоведение. – 1997. – № 6.

96. *Руник, В. Е.* Агроэкологические аспекты использования термофильно-сброженных осадков сточных вод в качестве удобрений : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук/ В. Е. Руник. – М., 1989.

97. *Русу, А. П.* Эффективный прием использования донных осадков на солонце черноземном / А. П. Русу, А. И. Сюрис // Пробл. мелиорации почв Молдавии. – Кишинев : МолдНИИ почвоведения и агрохимии, 1990.

98. *Садовникова, Л. Н.* Влияние осадков сточных вод и извести на подвижность соединений тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах // Л. Н. Садовникова, М. В. Касатиков// Агрохимия. – 1995. – № 6.

99. *Санитарные правила в лесах Российской Федерации.* – М.: ВНИИЦлесресурс, 1998.

100. *СанПиН 2.1.573–96.* Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – М. : Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.

101. *СанПиН 2.1.5. 980-00.* Гигиенические требования к охране поверхностных вод.– М.: Минздрав России, 2000.

102. *Сапожников, Н. А.* Научные основы систем удобрения в нечерноземной полосе / Н. А. Сапожников, М. Ф. Корнилов. – Л.: Колос, 1977.

103. *Сдобникова, О. С.* Влияние осадков сточных вод на растения / О. С. Сдобникова, С. Н. Адрианов // Химизация сел.хоз-ва. – 1992. – № 3.

104. *Серебрякова, О. С.* Микроорганизмы – важнейшая часть живой фазы почвы / О. С. Серебрякова, М. К. Литвинова// Почва, отходы производства и потребления, проблемы охраны и контроля : матер.конф. – Пенза : ПДЗ, 1996.

105. *Синников, А. С.* Выращивание сеянцев хвойных пород в полиэтиленовых теплицах // А. С. Синников, Б. А. Молчанов, В. Н. Драчков. – М. : Агропромиздат, 1986.
106. Складирование отходов химических производств / В. Р. Семенов [и др.]. – М. : Химия, 1983.
107. Специализированный каталог загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах сельскохозяйственных и промышленных объектов. – М. : ВНПО «Прогресс», 1988.
108. *Справочник по удобрениям* : изд. 3-е, испр. и доп. – М. : Колос, 1964.
109. *Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве* / В. С. Победов, И. М. Булавик, Е. А. Лебедев [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986.
110. *Сухих, В. И.* Лесопользование в России в начале XXI века / В. И. Сухих // Лесн. хоз-во. – 1999. – № 6.
111. *Сюта, Я.* Принципы естественного использования осадков сточных вод / Я. Сюта, Г. Васек // Междунар. с.-х. журн. – 1983. – № 2.
112. *Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка* / А. А. Драйер, А. Н. Сачков [и др.]. – М. : Экология, 1997.
113. Технологические рекомендации по использованию сброженных осадков городских сточных вод в качестве удобрений. – Владимир, 1991.
114. *Тришина, Т. А.* Сельскохозяйственное использование осадков сточных вод / Т. А. Тришина, В. Ф. Уланов // Химизация сел.хоз-ва. – 1992. – № 1.
115. *ТУ 2991-00102069579–98.* Удобрения на основе отходов гидролизно-дрожжевого производства: изд. офиц. // Е. М. Романов, Д. И. Мухортов, Т. В. Нуреева, С. С. Гордеева. – 1999.
116. *Туровский, И. С.* Обработка осадков сточных вод : 3-е изд., перераб. и доп. / И. С. Туровский. – М. : Стройиздат, 1988.
117. *Угаров, В. Н.* Лесоводственные, агрохимические и экологические аспекты применения осадков сточных вод в питомниках / В.

Н. Угаров // Интенсификация выращивания посадочного материала : тез.докл. – Йошкар-Ола : Марийск. гос. техн. ун-т, 1996.

118. *Удобрения, их свойства и способы использования.* – М. : Колос, 1982.

119. *Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации.* – М. : ВНИИЦлесресурс, 2000.

120. *Утилизация осадка городских сточных вод / З. К. Благовещенская [и др.] // Химизация сел.хоз-ва.* – 1989. – № 10.

121. *Фосфогипс и его использование / В. В. Иваницкий, П. В. Классен, А. А. Новиков [и др.].* – М. : Химия, 1990.

122. *Хватов, Ю. А. Исследования лесопригодности отвалов открытых разработок полезных ископаемых в центральных областях Европейской части РСФСР : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Ю. А. Хватов.* – М., 1974.

123. *Чеботарев, Н. Т. Влияние осадков сточных вод на свойства дерново-подзолистой почвы и ее продуктивность / Н. Т. Чеботарев // Проблемы антропогенного почвообразования : тез.докл. междунар. конф. – Т. 3. – М., 1997.*

124. *Чеботарев, Н. Т. Осадки сточных вод на удобрение / Н. Т. Чеботарев // Агрехимический вестник.* – 1999. – № 5.

125. *Чижов, Б. Е. Изменение плодородия таежных почв при удалении органогенных горизонтов, методы их рекультивации / Б. Е. Чижов, А. И. Захаров // Леса и лесное хоз-во Западной Сибири. – Вып. 7. – Тюмень : изд-во Тюменского гос. ун-та.– 2005.*

126. *Шумаков, В. С. Влияние водных экстрактов из злаков на прорастание семян сосны и ели / В. С. Шумаков // Лесн. хоз-во.* – 1962.

127. *Экологически безопасные методы использования отходов. Монография / Воробьева Р. П., Додолина В. Т., Мерзлая Г. Е. [и др.].* – Барнаул, 2000.

128. *Эколого-гигиенические условия использования осадков сточных вод в земледелии / Н. В. Русаков, Т. Е. Мёрзлая, Р. А. Афанасьев [и др.] // Гигиена и санитария.* – 1995. – № 4.

129. Юмвихозе, Э. Эколого-биологическая оценка использования сточных вод в качестве удобрения : дисс. ... канд. биол. наук/ Э.Юмвихозе. – М.,1999.

130. *Andersson, A.* Composted municipal refuse as fertilizer and soil conditioner. Effects on the contents of heavy metals in soil and plant, as compared to sewage sludge, manure and commercial fertilizers / A. Andersson // Util. Sewage Sludge Land: Rat. Appl. and Long-Term Eff. Metals (Proc. Semin., Uppsala, June 7–9, 1983). – Dordrecht e.a., 1984.

131. *Application* of sewage sludge to wood land spruce on sandy soil. / Sv. Olesen, Elsnab, J. Lundberg, V. Larsen// Udbringning of slam i nalitraesplantade pa sandjord. – 1979. – № 19.

132. *Brockway, D. G.* Forest floor, soil and vegetation responses to sludge fertilization in red and white pine plantations / D.G. Brockway // Soil. Sci. Soc. Am. J. – 1983. – Vol. 47. – № 4.

133. *Brodde, P.* Landwirtschaftliche verwetic klarschlamme / P. Brodde // Wasserwirt. – Wassertechn. – 1998. – № 4.

134. *Bruemer, G.* Heavy metal species mobility and availability in soils / G. Bruemer, J. Gerth, K. Herms // Z. Pflanzenernahr. Bodenk. – 1986. – Vol. 149. – № 4.

135. *Burge, W. D.* Infectious disease hazards of landspreading sewage wastes / W. D.Burge, P. B. Marsh // Journ. of Environ. Quality. – 1978. – Vol. 7. – № 1.

136. *Carton Juliet, M.* Seasonal thends in soil nitrogen from injected or surface-incorporated sewage sludge applied to corn /M. Carton Juliet, R. Weil Ray // Commun. Soil. Sci and Plant Anal. – 1998. – 29. – № 1–2.

137. *Courtois, H.* Bertrag zum Wachstum von Jungkiefern auf Sandboden 10 yahre nach muill-klarschlamm compost – Applikation / H. Courtois // Forstarchiv Verlag M.H. Shaper. – Hannover, 1980.

138. Crop response to sludge loading rates / A. D. Day [et. al.] // Biocicle. – 1989. – № 8.

139. *Criteriide* pretabilitate a terenurilor pentru administrarea namolului Orasenex / M. Dimitru, S. Carstea, C. Rauta, B. Nastea. – An. Inst. Cers. Pedol. Agrochem. – Bucuresti, 1989.

140. *De Vries, M. P. C.* Fertilizer value of a dried sewage sludge for *Pinus radiata* plantations / M. P. C. De Vries // Aust. For. – 1981. – V. 44. – № 3.

141. *Dimitru, L.* Gefassversuche mit Forstpflanzen zum Ausbringen von Klarschlamm auf Forstkulturflächen / L. Dimitru, H. Siebert // Allgemeine Forst Zeitschrift Munchen. – 32 (39). – 1977.

142. *El-Bassam, N.* Das Verfahren von kommunalen klarschlamm und seine Einfluss in Qualität // N. El-Bassam, M. Dambroth // Wissenschaft und Umwelt. – 1985. – № 1.

143. *Epstein, R.* Land disposal of toxic substances and water related problems / R. Epstein, R. Chaney // J. Water pollut. Control Federat. – 1978 – Vol.50. – № 8.

144. *Effect of composted municipal sewage sludge on growth and elemental composition of white pine and hybrid poplar* / M. S. McIntosh, J. E. Foss, D. C. Wolf, K. R. Brandt and R. Darmody // J. Environ. Qual. – 1984. – V. 13. – № 1.

145. *Goker, E. G.* The use of sewage sludge in Agriculture wat / E. G. Goker // Sci. Tech. – 1983. – Vol. 15.

146. *Haan, S.* General comments on the organic value of sludge / S. Haan // Influence sewage sludge Appl. Phys. and Biol. Prop Soils. Proc. Semin (Munich, June 22–24, 1981). – Dordrecht e.a., 1982.

147. *Juste, C.* Valorisation de boues residuaires / C. Juste. – Paris. – 1976.

148. *Khan, F. B.* Effect of cadmium and lead on redish plant with particular reference to movement of metals through soil profile and plant / F. B.Khan // Plant and Soil. – 1987. – V. 70. – № 3.

149. *Kloke, A. C.* Contents of As, Cd, Cr, Pb, Hg and Ni in plant crown on contaminated soils // A. C. Kloke// Paper Presented to the Symposium of the effect of air pollution on vegetation. – Warshava, 1980.

150. *Krapfenbauer, A.* Mullklarschlammkompost und Mineralboden als Substrat Gefassversuch mit Fichte (*Picea abies*) / A. Krapfenbauer, M. Sieghardt, E. Buchleitner // Cbl. ges. Forstwesen». – 1981, Jg. 98, H. 2.

151. *Krummsdorf, A.* Industriemessige Verfahren der Kompostierung verwertbaren Hausmulls / A. Krummsdorf // 125 Jahre Landw. Inst., 1863–1988. – Halle (Saale), 1989. – T. 1.

152. *Lurtick, M. C.* Soil and slash pine response to sludge applications in Florida / M. C. Lurtick, H. Riekerk and J. A. Cornell// Soil. Sci. Soc. Am. J. – 1986. – V. 50. – № 2.

153. *Municipalsweage* sludge use in forests of the Pacific Northwest, U.S.A.: Environmental concerns / R. J. Zasoski, R. L. Endmonds, C. S. Bledsol, C. L. Henry, D. J. Vogt, K. A. Vogt and D. W. Cole// Waste Manag. Res. – 1984. – Vol. 2. – № 3.

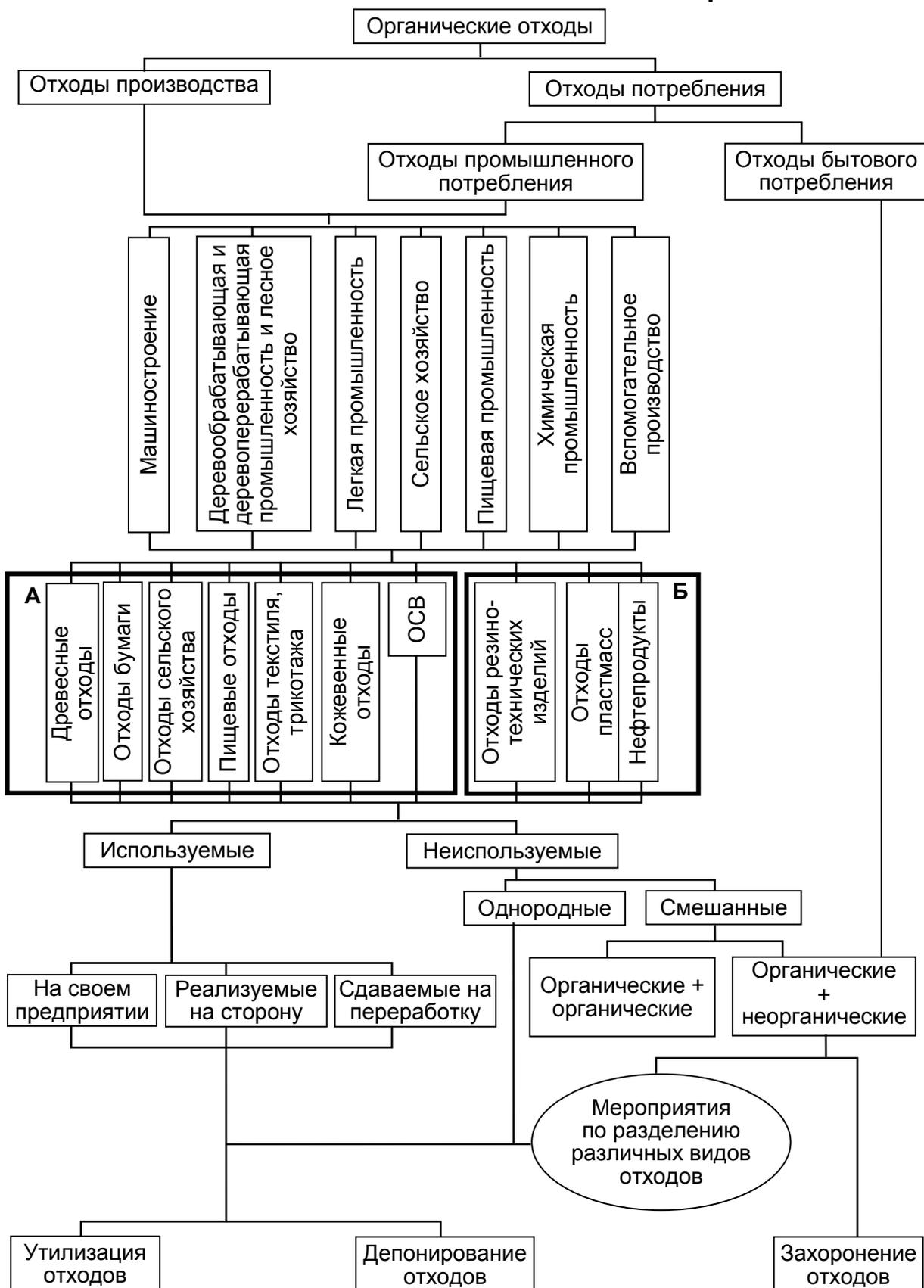
154. *Moffat, A. J.*The effect of sewage sludge on growth and foliar and soil chemistry in pole-stage Corsian pine at Ringwood Forest / A. J. Moffat, R. W. Matthews et J. E. Hall // Dorset, U.K. Can. For. Res. – 1991. – V. 21. – № 6.

155. *Riekerk, H.* Slash Pin Growth and field responses to sludge applications / H. Riekerk and M. C. Lutrick// S. J. appl. Forestry. – 1986. – V. 10. – № 3.

156. *Rode, G.* Auswirkungen von Mullklarschlammkompost auf das Wachstum von Forstpflanzen und auf Elementgehalte von Boden und Pflanze /G. Rode, H. W. Fassbender // Forst-Holzwirt. –1983. – Jg 38. – № 13.

157. *Urbini, G.* Compostaggio die nifiuti solidi urbaru e faghi. «JJ coso di Salis beorgo» /G. Urbini, C. Collivignazelli, S. Perugg. // Jrd. ambient. – 1982. – № 6.

Приложение 1



Классификация органических отходов производства и потребления (по Е.М.Романову и Д.И.Мухортову)

Министерство природных ресурсов Российской Федерации
Система обязательной сертификации по экологическим требованиям
Сведения об органе Системы по сертификации (наименование, юридический адрес, телефон, факс, электронная почта):

**ЗАО Научно-производственная фирма «БИФАР»,
125371, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.87
т. 491-77-51. Факс 491-78-03, e-mail: bifar@centro. Ru**

Регистрационный номер и дата выдачи аттестата
аккредитации:

**№ОС-26.АВ от 27.12.2002 г.
№ 00000307**

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ



Регистрационный номер	СЕР (307)-В-24/ОС-26
Дата выдачи	20.11.2003 г.
Действителен до	20.11.2006 г.

Имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации

Внесен в Реестр Системы обязательной сертификации по экологическим требованиям
**НАСТОЯЩИЙ СЕРТИФИКАТ УДОСТОВЕРЯЕТ, ЧТО ДОЛЖНЫМ ОБРАЗОМ
ИНДЕНТИФИЦИРОВАННЫЙ ОБЪЕКТ СЕРТИФИКАЦИИ
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ**

**Отходы: осадки городских и промышленных сточных вод ОАО «Воскресенские
минеральные удобрения», механически обезвоженные или подсушенные на иловых
площадках, выдержанные в естественных условиях не менее 3 лет**

(наименование объекта сертификации Системы)

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ СЛЕДУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ:

- 1) Критерии отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды, - утвержден приказом МПР России от 15.06.01 г. № 511 – 4 класс опасности**
- 2) ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений»**
- 3) СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов»**
- 4) СП 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов»**

Сведения о форме сертификации

Добровольная
(добровольная или обязательная)

Сведения о держателе сертификата

**ОАО «Воскресенские минеральные удобрения»
140020, г. Воскресенск, ул. Заводская, д.1
(наименование и юридический адрес)
Телефон **4-20-20** Факс **4-22-94****

**Данные о проведенных испытаниях объекта сертификации
по экологическим требованиям**

Наименование, регистрационный № лаборатории в Реестре Системы аналитических лабораторий	№ протокола испытаний, дата утверждения
Испытательный центр пищевой продукции, продовольственного сырья, кормов, воды и почв ГЦАС «Московский» – регистрационный номер в Госреестре №РОСС.RU.0001.21 ПТ50	201, 202 от 8.10.2003г.
Аккредитованный Испытательный лабораторный центр ГУ «Центр госсанэпиднадзора в Воскресенском районе МО» – регистрационный номер в Госреестре №РОСС.RU.0001.510830	123, 124 от 29.09.2003г.
ОАО «НИИ КВОВ» – свидетельство № 2477 от 12.02.2001г.	47/38 от 23.09.2003г.
ГУ «Центр по выполнению работ и оказанию услуг природоохранного назначения» Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы – регистрационный номер в Госреестре № РОСС.RU.0001. 510624	170 от 06.11.2003г.
ЗАО НПФ «БИФАР»	Экспертное заключение по результатам сертификационных испытаний осадков сточных вод, образуемых на очистных сооружениях канализации ОАО «Воскресенские минеральные удобрения»

Орган Системы по сертификации (центр экологической сертификации), выдавший сертификат. Аккредитуемый орган Системы вправе аннулировать сертификат, если получатель данного сертификата не выполняет требования, на соответствие которым он выдан.

Руководитель органа (центра) по
Сертификации, выдавшего сертификат _____ С.Д.Беляева
подпись *инициалы, фамилия*

Эксперт по сертификации _____ О.А.Тавризова
подпись *инициалы, фамилия*

Приложение 3



СИСТЕМА ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ МИР РФ

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ
ЗАО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «БИФАР»

Аттестат аккредитации « ОС-26. АБВ от 27.12.2002 г.

ПАСПОРТ ОТХОДА №31-ОСВ

Дата составления	2011.2003 г.	Код отхода	94300000 14 04 4
Наименование предприятия	<u>ОАО «Воскресенские минеральные удобрения»</u>		
Технологический процесс	<u>Очистка городских и промышленных сточных вод на очистных сооружениях канализации (цех НиОПСВ)</u>		
Отход, метод обработки	<u>Осадки городских и промышленных сточных вод, механически обезвоженные и выдержанные в естественных условиях не менее 3 лет</u>		
Место отбора пробы	<u>Цех механического обезвоживания</u>		
Дата отбора пробы	<u>10.09.2003 г.</u>		
Действителен до	<u>20.11.2006 г.</u>		

Наименование показателя	Единица измерения	Значение	Примечание
1. Агрегатное состояние		Твердый	Протоколы испытаний: № 201 от 8.10.2003 г. – Испытательный центр пищевой продукции, продовольственного сырья, кормов, воды и почв ГЦАС «Московский» №124 от 29.09.2003 г.- Аккредитованный Испытательный лабораторный центр ГУ «Центр госэпиднадзора в Воскресенском районе МО» №47/38 от 23.09.2003 г.- ОАО «НИИ КВОВ»
2. Влажность	%	56.7	
3. Реакция среды (рН водной вытяжки)		13.1	
4. Органическое вещество	%	36.0	
5. N общий	на сухое вещество	0.8	
6. P ₂ O ₅		1.9	
7. K ₂ O		0.1	
8. CaO		49.6	
9. Свинец (Pb)	Мг/ кг сухого вещества	3.7	
10. Кадмий (Cd)		0.3	
11. Никель (Ni)		12.4	
12. Ртуть (Hg)		0.3	
13. Медь (Cu)		28.6	
Н.Цинк (Zn)		154.0	
15. Хром (Cr общ.)		4.2	
16. Мышьяк (As)		10.2	
17. Марганец (Mn)	77.0		
18. Удельная активность техногенных радионуклидов по цезию-137	Бк/кг сухого вещества	4.5 не повышает фон почв	
19. Эффективная активность естественных радионуклидов (ЕРН)	вещества	55.7+ / -16.0	
20. Кишечные палочки (энтеробактерии)	Клеток/г осадка	230	
21. Патогенные энтеробактерии	осадка	Не обнаружены	
22. Яйца и личинки гельминтов, цисты лямблий и др. патогенных простейших	Экз./кг осадка	Не обнаружены	
23. ХПК водной вытяжки (1:1)	MgO ₂ /л	4250	
24. Класс опасности:			
по расчету		5	
по биотестированию		-	
принято		4	

В соответствии с ГОСТ Р 17.4.3.07–2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений» **осадки могут быть использованы в качестве органических удобрений в сельском хозяйстве, промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, а также для рекультивации нарушенных земель, в т.ч. полигона складирования фосфогипса.**

В соответствии с СП 2.1.7.1038–01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» **осадки могут размещаться на полигонах ТБО при согласовании с территориальными органами Госсанэпиднадзора.**

Руководитель органа (центра) по
Сертификации, выдавшего сертификат _____

подпись

С.Д.Беляева

инициалы, фамилия

Эксперт по сертификации _____

подпись

О.А.Тавризова

инициалы, фамилия

*Валерий Николаевич Кураев
Александр Александрович Мартынюк*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ
В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Монография

Научный редактор: *М. М. Сергеева*
Редактор *М. Ф. Нежлукто*
Компьютерная верстка *Л. М. Харина*

Подписано в печать 21.11.2012

Формат 60 x 90 1/16

Печ. л. 5.5

Печать офсетная

Тираж 300 экз.

Отпечатано во Всероссийском научно-исследовательском институте
лесоводства и механизации лесного хозяйства
г. Пушкино Московской обл.
ул. Институтская д. 15