

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова»

На правах рукописи

ЕВГРАФОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
ТОРФЯНИКОВ С КОМПЛЕКСОМ МАШИН НА
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени
доктора технических наук

Научный консультант:
Дидманидзе Отари Назирович,
доктор технических наук,
профессор, академик РАН

Москва 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
Глава 1. Использование выработанных торфяников в сельском хозяйстве	12
1.1 Торфяные ресурсы России	12
1.2 Генезис и агрохимические свойства торфов.....	18
1.3 Рекультивация выработанных торфяников для введения в сельскохозяйственный оборот с применением комплекса машин ...	23
1.4 Технологии использования выработанных торфяников в сельскохозяйственных целях.....	38
1.5 Особенности горения и возгорания торфа.....	42
1.6 Выводы по главе.....	46
2 Глава 2 Объект и методы исследования.....	48
2.1 Объект исследования.....	48
2.2 Моделирование процессов самовозгорания торфяных почв.....	53
2.3 Теплофизические параметры возгорания торфяников.....	68
2.4 Выводы по главе.....	73
3 Глава 3 Результаты лабораторных исследований теплофизических процессов возгорания торфяных почв.....	75
3.1 Методика лабораторных исследований теплофизических процессов возгорания торфа.....	75
3.2 Результаты экспериментальных исследований самовозгорания торфа при температурах выше критических.....	85
3.3 Результаты экспериментальных исследований самовозгорания торфа при температурах ниже критических.....	96
3.4 Результаты моделирования возгорания торфяных почв.....	101
3.4.1 Характеристика разработанной модели.....	101
3.4.2 Модель изменения влагозапасов в торфяной почве.....	104

3.4.3	Разработанная модель самовозгорания торфяной почвы при температурах воздуха выше критических.....	110
3.4.4	Разработанная модель самовозгорания торфяной почвы при температурах воздуха ниже критических.....	117
4	Глава 4 Результаты полевых исследований. Доработка математической модели самовозгорания торфяной почвы.....	123
4.1	Краткая характеристика объекта полевых исследований.....	123
4.2	Цель, методика проведения и результаты полевых исследований самовозгорания торфяной почвы.....	123
4.3	Влияние водного и теплового режима на теплофизические свойства торфяных почв.....	136
4.4	Доработка и проверка математической модели самовозгорания торфяных почв.....	142
4.5	Выводы по главе.....	146
5	Глава 5 Состав технических мероприятий по предотвращению торфяных пожаров.....	148
5.1	Изменение теплофизических свойств торфяной почвы с использованием комплекса машин.....	151
5.2	Система технических мероприятий по изменению теплофизических свойств торфяной почвы для дальнейшего сельскохозяйственного использования.....	154
5.3	Комплекс машин для проведения технического этапа рекультивации выработанных торфяников.....	157
5.4	Системы обработки торфяной почвы при черной культуре земледелия.....	167
5.5	Выводы по главе.....	171

6	Глава 6 Новая система мониторинга торфяных почв находящихся в сельскохозяйственном обороте для предотвращения самовозгорания.....	173
7	Глава 7 Экономическая эффективность применения комплекса машин для изменения теплофизических свойств торфяной почвы.....	184
7.1	Выводы по главе.....	190
	Заключение.....	192
	Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.....	197
	Список сокращений и условных обозначений.....	198
	Список литературы.....	202
	Приложения.....	229

ВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Одной из важнейших задач государства является обеспечение продовольственной и экологической безопасности жизнедеятельности населения.

Торфяные пожары являются обычным явлением для территории Российской Федерации, имеющей одни из самых больших торфяных месторождений на планете. Они являются системным явлением, которое требует всестороннего анализа. Помимо огромного экономического ущерба торфяные пожары наносят колоссальный социально - экологический и экономический ущерб.

Пожары на торфяниках представляют собой почворазрушающий процесс снижающий плодородие почв, ухудшающий условия производства продукции растениеводства, увеличивающий эрозионную опасность и ее интенсивность, и как результат вывод из сельскохозяйственного оборота плодородных земель.

В Нечерноземье осушаемые низинные торфяные почвы обладают высоким плодородием. Черный (или обыкновенный) способ освоения торфяных почв для выращивания с/х продукции в настоящее время получил наиболее широкое применение в России. Поверхность выработанного торфяника при черной культуре освоения открыта для возникновения торфяных пожаров. Процесс уничтожения осушенных торфяных почв имеет явную тенденцию быстрого роста.

Территория, охваченная пожаром, полностью лишается плодородного почвенного органогенного слоя мощностью от 0,5 до 1,2 м. Поверхность пожарища почти не занята растительностью и подвержена активной ветровой эрозии. Все пирогенные образования при использовании в сельскохозяйственном производстве находятся в неблагоприятных условиях.

Степень разработанности поставленных проблем. Теоретико-методологической основой диссертационного исследования послужили фундаментальные работы отечественных и зарубежных специалистов по сельскохозяйственной, экологической и социально-экономической проблематике; положения, представленные в трудах современных российских и зарубежных

авторов, посвящённые вопросам изучения торфяных пожаров, воздействию на плодородие торфяных почв, генезису их происхождения, оценке эколого-социальных, экономических последствий и способов их предупреждения.

Целью исследования является разработка моделей самовозгорания и вынужденного зажигания торфяных почв и мероприятий с применением комплекса машин для предотвращения торфяных пожаров на сельскохозяйственных землях.

Задачи исследования:

1. Дать оценку последствиям торфяных пожаров на землях сельскохозяйственного назначения.

2. Выполнить натурные и экспериментальные исследования теплофизических процессов самовозгорания и вынужденного зажигания торфяной почвы в лабораторных и полевых условиях.

3. Разработать математические модели процессов самовозгорания и вынужденного зажигания торфа, на основе полученных данных, в зависимости от основных факторов, таких как: влажность, температура, объемная плотность торфа.

4. Обосновать и подобрать комплекс машин для изменения теплофизических свойств торфяной почвы, с целью исключения возникновения торфяных пожаров и защиты сельскохозяйственных земель от пирогенной дегградации и снижения плодородия.

5. Разработать систему мониторинга противопожарной опасности на выработанных торфяниках при их сельскохозяйственном использовании.

Объект исследования – торфяные пожары на выработанных торфяниках при их введении и использовании в сельскохозяйственном обороте и прилегающих к ним территории.

Предметом диссертационного исследования является комплекс методов и способов мониторинга за пожароопасной ситуацией на торфяниках и мероприятий по их предупреждению, при проведении культуртехнических

мероприятий для введения и использования выработанных торфяников в сельскохозяйственном обороте для получения продукции растениеводства.

Научная новизна исследования состоит в постановке и решении крупной научной проблемы – разработка системы предотвращения и мониторинга за пожароопасной ситуацией на торфяниках при их вовлечении в сельскохозяйственный оборот, которая не возможна без знания условий и причин их возникновения, динамики и учета послепожарных последствий, разносторонней оценки современного состояния выработанных торфяников, используемых и вводимых в производство продукции растениеводства, тенденций и их динамики.

К числу основных результатов, определяющих новизну диссертационного исследования, относятся:

1. Дана оценка последствиям торфяных пожаров на землях сельскохозяйственного назначения.
2. Получены и обобщены экспериментальные данные о теплофизических процессах самовозгорания торфяной почвы в лабораторных и полевых условиях.
3. Получены соотношения между основными факторами, оказывающими влияние на теплофизические процессы самовозгорания и зажигания от нагретых тел торфяной почвы (влажностью, насыщенностью кислородом, объемной плотностью).
4. Дана оценка перехода торфяной почвы сельскохозяйственных угодий в пожароопасное состояние по соотношению протекающих в них теплофизических процессов.
5. Разработаны, математические модели самовозгорания торфяной почвы.
6. Обоснован и подобран комплекс машин для изменения теплофизических свойств торфяной почвы, с целью исключения возникновения торфяных пожаров и защиты сельскохозяйственных земель от пирогенной деградации.

7. Разработан новый способ мониторинга за пожароопасностью торфяных почв, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

- в результате проведения экспериментальных исследований, был получен практический материал о теплофизических процессах самовозгорания и вынужденного зажигания торфяных почв, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот;

- разработаны математические модели, позволяющие прогнозировать возникновение торфяных пожаров на сельскохозяйственных землях до их возникновения;

- разработан программный комплекс для ЭВМ, в котором реализованы результаты проведенных исследований и математические модели, предназначенный для обработки и анализа информации о состоянии торфяных почв в реальном режиме времени для оценки возникновения пожароопасной ситуации на торфяниках;

- разработаны, произведены и сертифицированы в ОС «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС» МВД России для серийного выпуска конструктивные элементы новой системы мониторинга за пожароопасной ситуацией, контроллеры возгорания, предназначенные для размещения на местности и получения входящих данных для программного комплекса;

- создан новый способ мониторинга за пожароопасной ситуацией на землях сельскохозяйственного назначения, позволяющий предотвратить возникновение торфяных пожаров и не допустить пирогенную деградацию почв и вывод их из сельскохозяйственного оборота;

- подобраны технологические операции с комплексом машин, позволяющие изменить теплофизические свойства торфяных почв и восстановить капиллярную связь с грунтовыми водами, для исключения возможности возникновения пожаров на торфяных почвах.

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования

заключается в том, что полученные теоретические и методические разработки, выводы и практические рекомендации по формированию системы предупреждения торфяных пожаров, процесса моделирования и горения торфяников могут использоваться министерствами и ведомствами РФ, а также Правительствами субъектов России для обеспечения научной и методической основы рационального ведения хозяйств в контексте теории устойчивого развития, а также социально-экономических программ предупреждения и ликвидации последствий и снижения эколого-экономического ущерба от торфяных пожаров.

Методология и методы исследования. В процессе диссертационного исследования в соответствии с требованиями научной методологии системного подхода были использованы проверенные и наиболее распространенные приемы и методы экспериментальных исследований. Были применены следующие методы исследования: исторический, сравнительный, экономико-статистический, картографический, метод экспертных оценок, корреляционный анализ, аналитический, абстрактно-логический, расчетно-конструктивный, математического моделирования, графический. В качестве основных нормативных документов в работе использовались законодательно-нормативные акты Российской Федерации.

Положения, выносимые на защиту:

1. Математические модели самовозгорания и вынужденного зажигания торфяной почвы при температурах выше критических в лабораторных условиях.
2. Математические модели самовозгорания и вынужденного зажигания торфяной почвы при температурах ниже критических в лабораторных условиях.
3. Математические модели самовозгорания и вынужденного зажигания торфяной почвы сельскохозяйственных угодий в естественных условиях.
4. Технические мероприятия на торфяниках с применением комплекса машин, при их вовлечении и использовании в сельскохозяйственном обороте, для изменения теплофизические свойств, как наиболее эффективного способа

предотвращения пирогенной деградации и потери (снижения) плодородия торфяных почв.

5. Новый способ мониторинга за пожароопасной ситуацией на торфяниках и эффективности применяемых мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения.

Степень достоверности и апробации результатов заключается в том, что положения диссертационной работы вошли в Концепцию региональной целевой программы «Предотвращение и ликвидация возгорания торфяников и торфяных почв Московской области» (2010 г.), использовались при разработке Стандарта организации «Правила эксплуатации комплекса гидротехнических сооружений систем обводнения торфяников Московской области» Государственного казенного учреждения Московской области «Московская областная специализированная аварийно-восстановительная служба» (2012 г). На прибор для мониторинга температурного состояния торфяников - контроллер возгораний «Леший» получен сертификат соответствия в ОС «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС» МВД России для его серийного выпуска. Результаты диссертационного исследования использованы в учебно-образовательном процессе при подготовке ряда экологических и инженерно-технических дисциплин РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова. В 2021 году были запроектированы и проведены работы по рекультивации торфяной почвы с целью изменения ее теплофизических свойств, для предотвращения возникновения торфяных пожаров, в Рязанской области компанией ООО «Инженерный центр Мосты и тоннели». Результаты работы были использованы компанией ООО «ЭКОСТОРОЙПРОГРЕСС» при утилизации торфяной почвы чрезвычайно опасной категории загрязнения на полигоне, что позволило предотвратить возникновения процесса самовозгорания при ее хранении.

Система мониторинга торфяных почв «Леший» в стационарном и мобильном вариантах демонстрировалась на Научно-практической выставке

«День инноваций» МЧС России и удостоена Диплома выставки; на выставке «Пожарная безопасность XXI века» (Москва, Крокус-Экспо); на 14-ой Международной выставке «Машины, оборудование, инструменты, приборы и принадлежности для деревообрабатывающей, мебельной, лесной и целлюлозно-бумажной промышленности» в рамках Круглого стола «Перспективные направления в охране лесов и роль общественных организаций в сохранении лесных ресурсов планеты» (Москва, Экспоцентр); на выставке «Предупреждение и ликвидация ЧС. Пожарная безопасность. Средства спасения» (Нижний Новгород), международных конференциях РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. Получено 6 свидетельств о регистрации права на интеллектуальную собственность (патент РФ № 67872, патент РФ №78033, патент РФ № 88970, патент РФ № 106542, патент РФ № 124176, патент РФ № № 2767075).

Публикация результатов исследований. Основные положения диссертации нашли отражение 51 научных работах в том числе: 22 – ведущих рецензируемых журналах, определенных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 19 – РИНЦ, 2 монографиях, 6 свидетельствах на интеллектуальную собственность, 2 Scopus, отражающих основные положения проведенного исследования.

Объем и структура диссертационной работы.

Представленная диссертация состоит из общей характеристики работы, 7 глав, заключения, рекомендаций производству, библиографического списка, а также 14 приложений. Работа изложена на 255 страницах, иллюстрирована 39 таблицами и 53 рисунками. Библиографический список включает 298 наименований, из которых 29 источников на иностранных языках.

ГЛАВА 1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

1.1 Торфяные ресурсы России

Среди полезных ископаемых в России большую часть занимают торфяные месторождения. Заторфованность территории России различна, максимальная заторфованность наблюдается на Западно-Сибирской равнине и составляет 14% , рисунок 1. Торфяные запасы – это природный ресурс органического происхождения (энергетический, промышленный и агрохимический) широко используемый в сельском хозяйстве. На сегодняшний день он нашел широкое применение в различных отраслях таких как, биотехнологии, здравоохранение и т.д. Запасы торфа в границах промышленной залежи (считается более 0,7 м по глубине) составляют 166,9 млрд. т и занимают площадь 47,6 млн. га. Разведанные запасы торфа категорий А+В+С1 составляют 18,9 млрд. т [127,130].

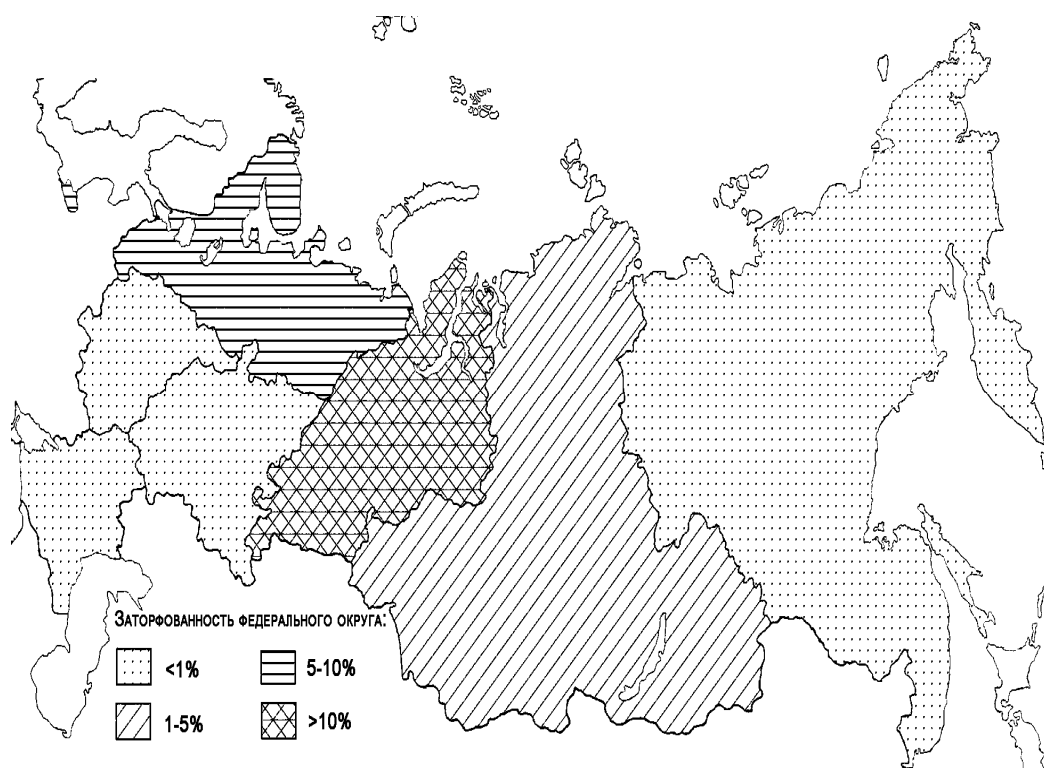


Рисунок 1 - Заторфованность территории России по федеральным округам

По прогнозам запасы торфа в промышленных залежах оцениваются приблизительно в 128,7 млрд. т, рисунок 2. [127,130].

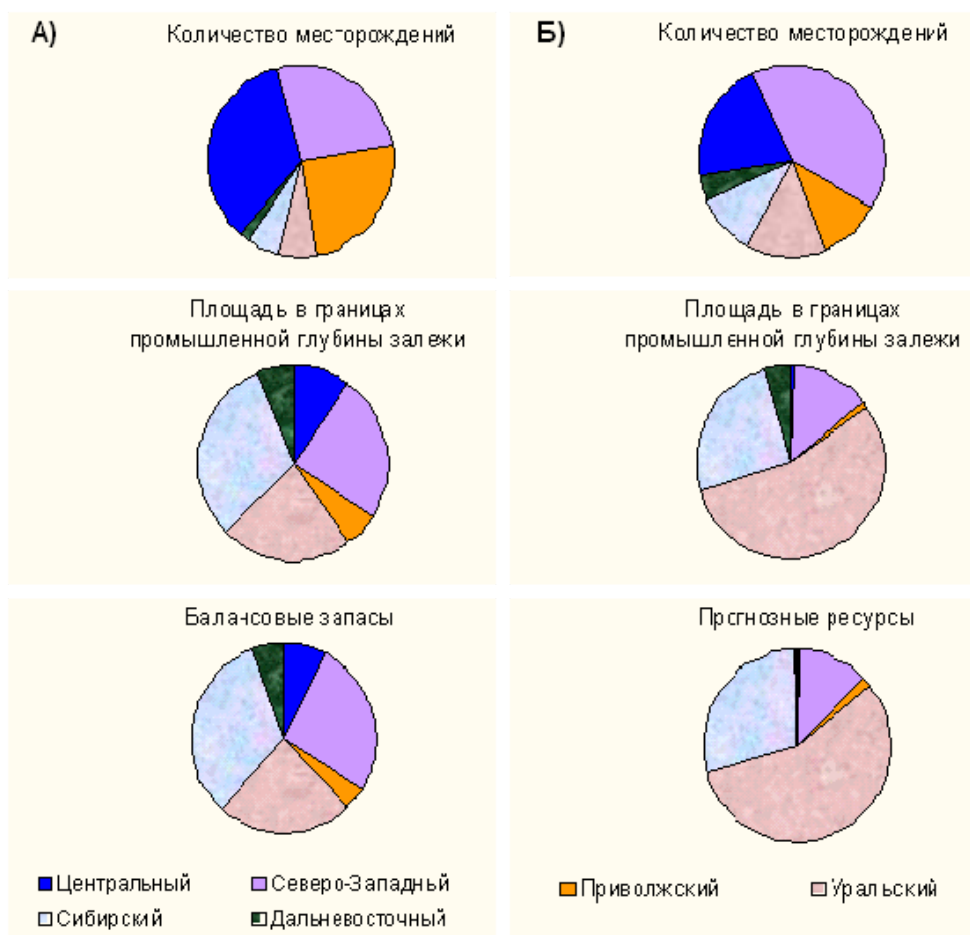


Рисунок 2 – Характеристика торфяных ресурсов России: А) – детальные, Б) – прогнозные

К настоящему времени в Российской Федерации определены большие запасы верхового торфа с низкой степенью разложения, пригодного для биохимической переработки, большие запасы битуминозного торфа, а также торфяного сырья для получения биологически активных веществ, выявлены торфяные запасы для комплексного производства продукции из торфа.

Дефицит веществ органического происхождения в почвах на большей части Российской Федерации, в том числе и черноземных, привело к интенсивному использованию торфяных месторождений, с целью повышения их плодородия.

Площадь изученных запасов торфа с наличием неразведанных месторождений торфа. Запасы торфа, обнаруженные при геологоразведке, составляют около 30-60% их общих запасов (Кировская, Костромская, Ивановская, Тульская, Брянская, Воронежская, Ленинградская, Калининградская и другие области).

Район малоизученных запасов торфа. Разведанные запасы торфа составляют менее 10% от их общих запасов. Запасы торфа в основном прогнозные. В этот регион входит вся Западно-Сибирская равнина, Северная ЕТР, Камчатка и Сахалин.

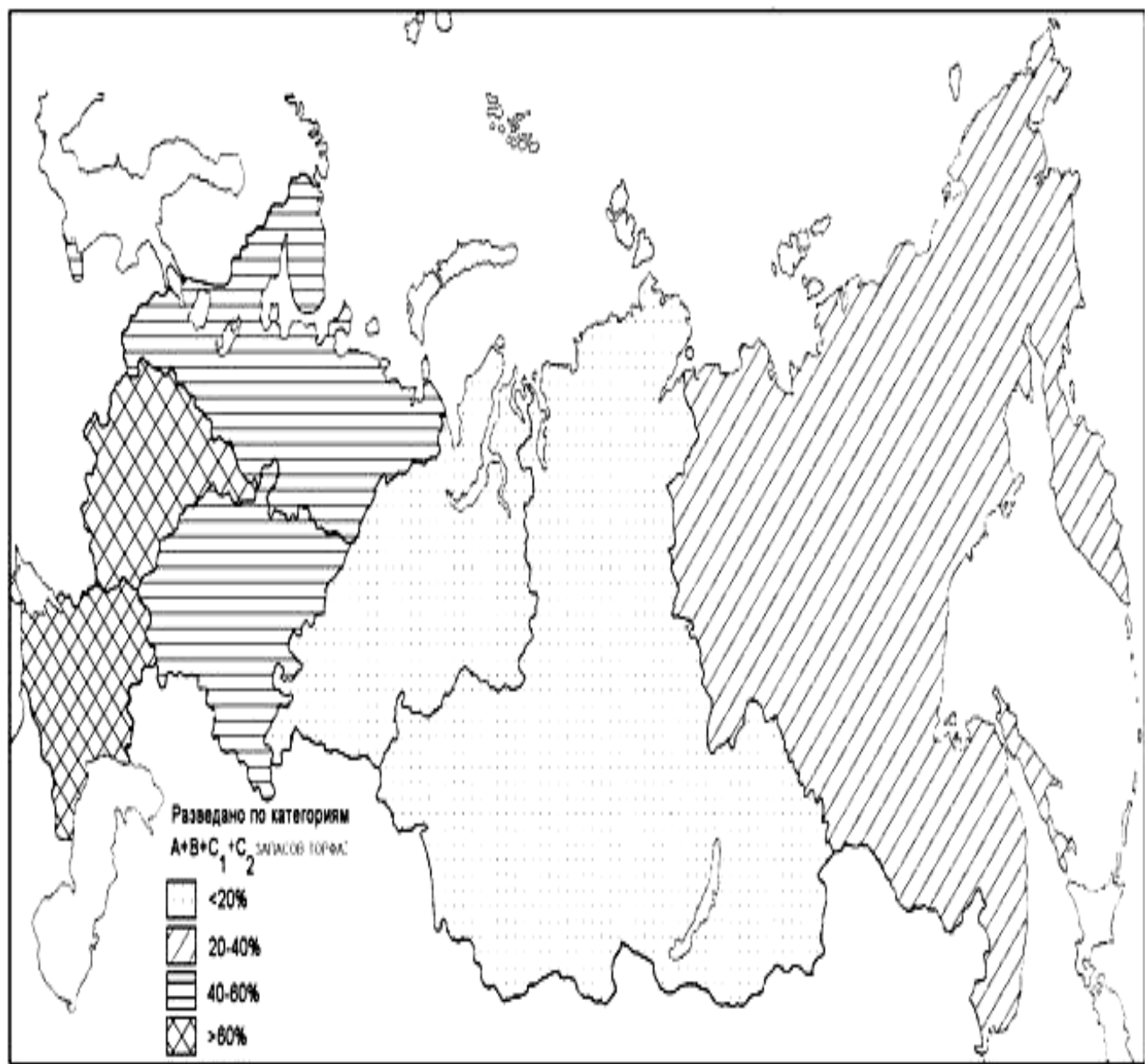


Рисунок 3 – Изученность торфяных месторождений России

Среди всех разведанных месторождений торфа преобладают залежи площадью до 1000 га, из них до 10 га - 28 %, от 11 до 50 га - 34 %, от 50 до 1000 га - 32 %. Значительно менее изучены торфяные месторождения площадью более 1000 га (6%), на которых располагаются основные запасы торфа (около 82%), рисунок 3,4 [128,130].

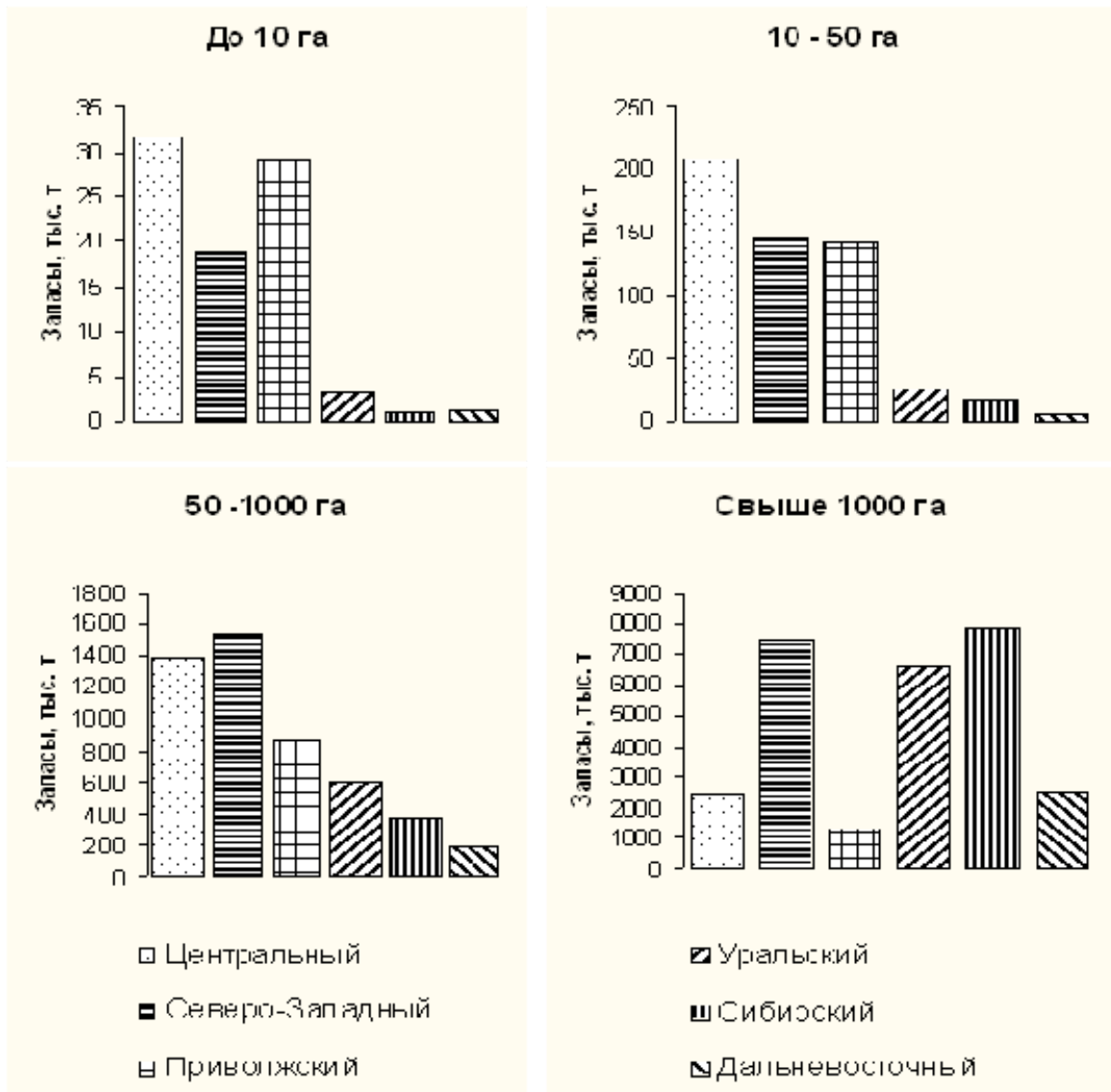


Рисунок 4 –Характеристика запасов торфа по размерам площадей

Как следует из вышесказанного, на сегодняшний момент запасы торфа в Российской Федерации, как разведанные, так и прогнозные, являются самыми большими в мире и составляют, по прогнозным оценкам, приблизительно 31,4% и в полной мере не эксплуатируются. На 01.01.1988 г. в эксплуатации находилось 2063 торфяных месторождений, на которых добывалось 30,5 млн. т торфа. На электростанциях (Шатурская, Смоленская, Череповецкая, Псковская и Новосвердловская) использовалась лишь пятая часть (около 6 млн. т). Для нужд промышленности, в 1980-х гг. освоено 704 залежей торфа площадью 666,9 тыс. га, для целей сельского хозяйства разработано 1359 месторождений торфа площадью 316,2 тыс. га. В начале 1990-х годов торфяная промышленность являлась

высокоорганизованной отраслью, с высокой долей механизации, и уровнем геологических работ, и научных разработок [62,130]. Для сравнения, фактическая добыча торфа в 2004 г. составила 6,9 млн. т, в эксплуатации находилось 905 торфяных месторождений.

Добыча торфа для нужд сельского хозяйства, на конец 80-х годов, по различным оценкам составила приблизительно 120-170 млн. т в год. Наибольшее количество торфяного сырья было добыто в 1986 г. на предприятиях торфодобывающей промышленности добыли 78,9 млн. т торфа или 44,9% от его общей добычи, и произвели готовой продукции сельскохозяйственного назначения – 99,3 млн. т (55,1%).

Динамика добычи торфа приведена на Рисунке 5. За рассматриваемый период доля торфа от общего количества применяемых органических удобрений составила 13-17%, а в отдельных регионах Нечерноземной зоны Российской Федерации достигла более 60%. За данный период времени наблюдалось увеличение объемов производства торфо-грунтов для выращивания сельскохозяйственной продукции в закрытых грунтах (теплицы), увеличение объёмов продукции глубокой переработки торфяного сырья для нужд сельского хозяйства.

В 1999 г. произошло резкое снижение добычи торфа торфодобывающими предприятиями и организациями всех министерств и ведомств. Такое снижение объемов производства произошло по причине, кредиторской задолженности предприятий, что привело к тому, что большинство машиностроительных заводов прекратили работу на выпуск оборудования для торфяной промышленности и были перепрофилированы, а торфяная промышленность оказалась на грани банкротство.

В России по состоянию на 1 января 2017 г., рисунок 5, добыча торфа категорий А+В+С1 распределяются по степени выработки следующим образом: в стадии разработки и на стадии разработки находятся 1,6 млрд т (8,7%), на балансе действующих предприятий; 22,8 млн т (0,1 %) находятся в стадии подготовки к освоению и находятся на балансе строящихся предприятий; 9,9 млрд. т (52,3 %)

1.2 Генезис и агрохимические свойства торфов

В зависимости от условий образования торфяного болота выделяют два основных типа торфа, различающихся по агротехническим свойствам:

Низинный торф - накапливается в пониженных местах, увлажняемых грунтовыми и речными водами, богатыми минеральным питанием. После отмирания растений (осоки, кустарников, деревьев) и их разложения, образуется слабокислая, высокозольная коричнево-черная масса, похожая на чернозем. Верховой торф - откладывается на повышенных элементах рельефа, при переувлажнении участка, в основном, атмосферными осадками.

Верховой торф сильно кислый, малозольный, волокнистый желто-коричневого цвета, формируется преимущественно из сфагновых мхов. В таблице 1 представлена классификация по видам торфов.

На свойства торфа большое влияние имеет степень разложения - показатель, определяющий соотношение части разложившегося органического вещества в торфяной массе. Торфяная почва, оставшаяся после разработки месторождения, относится к средnezольным (зольность - 10 %) и имеет следующие химические свойства: $pH = 4,5$, $N = 1,5$ т/га, $P_2O_5 = 15$ мг/ 100 г почвы, $K_2O = 20$ мг на 100 г почвы. В таблице 2 представлены химические свойства торфяных почв [16,18,23,37,46,61,91 и др.].

Торф имеет сложный химический состав, который определяется условиями генезиса, химическим составом растений - теплообразователей и степенью разложения. Элементарный состав торфа; углерод 50-60%, водород 5 - 6,5%, кислород 30 - 40%, азот 1 - 3%, сера 0,5 - 2,5% на горючую массу. В компонентном составе органической массы содержание водорастворимых веществ 1-5%, битумов 2-10%, легкогидролизуемых соединений 20 - 40%, целлюлозы 4 - 10%, гуминовых кислот 15-50%, лигнина 5 - 20%. Химический состав древесины и торфа близки по своему составу, и отличаются лишь содержанием кислорода и азота выраженному в процентах. Но наличие серы в торфе дает в результате взаимодействия с кислородом газообразный сернистый

газ (SO_2), раздражающий верхние дыхательные пути и глаза человека, а сероводород (H_2S) — очень ядовитое газообразное вещество.

В таблицах 3,4 приведены значения зольности, влажности и степени разложения в зависимости от вида торфа.

Таблица 1 - Классификация видов торфа [67]

Тип	Подтип	Группа	Вид
Низинный	Лесной	Древесная	Ольховый
			Березовый
	Лесо-топяной	Древесно-травяная Древесно-моховая	Еловый
			Сосновый низинный
			Ивовый
	Топяной	Травяная	Древесно-осоковый
			Древесно-тростниковый
Древесно-гипновый			
Травяно-моховая		Древесно-сфагновый низинный	
		Хвощевый	
Переходный	Лесной	Древесная	Тростниковый
			Вахтовый
	Лесо-топяной	Древесно-травяная Древесно-моховая	Осоковый
			Шейхцериевый низинный
			Осоково-гипновый низинный
	Топяной	Травяная	Осоково-сфагновый низинный
Моховая			
Травяно-моховая		Гипновый низинный	
		Сфагновый низинный	
Переходный	Лесной	Древесная	Сфагновый низинный
			Древесный переходный
	Лесо-топяной	Древесно-травяная Древесно-моховая	Древесно-осоковый переходный
			Древесно-сфагновый переходный
			Шейхцериевый переходный
Топяной	Травяная	Осоковый переходный	
		Осоково-сфагновый переходный	
Травяно-моховая	Моховая	Гипновый переходный	
		Сфагновый переходный	

Продолжение таблицы 1

Верховой	Лесной	Древесная	Сосновый верховой
	Лесо-топяной	Древесно-травяная	Сосново-пушицевый
		Древесно-моховая	Сосново-сфагновый
	Топяной	Травяная	Пушицево-сфагновый
			Шейхцериевый верховой
		Травяно-моховая	Пушицево-сфагновый
Моховая		Шейхцерицево-сфагновый	
		Фускум-торф	
		Медиум-торф	
		Комплексный верховой	
		Сфагнуво-мочажинный	

Зольность торфа оценивается по доле минеральных составляющих в сухом веществе торфа и находится в пределах 5 - 15% для верхового и 10 - 25% для низинных торфов. В естественном состоянии в торфе имеется избыток закисных форм железа. Содержание органики в торфе составляет от 75% до 90%, пористость от 70 до 95% по объему, плотность составляет 80 – 500 кг/м³. Торф является мощным водопоглотителем - 1 кг торфа может удерживать до 15 кг воды, также он обладает большой поглотительной способностью по отношению ко многим элементам. В таблице 5 представлены водно-физические свойства торфов и подстилающих пород. Основными качественными показателями, характеризующими торф как горючую среду, являются степень разложения, влажность, зольность, теплота сгорания и плотность объемной массы торфа [80,93,94 и др.].

Таблица 2 - Химические свойства торфяных почв (подвижные формы по Кирсанову) [67]

Почвы	Степень разложения, %	Зольность, %	Общий азот, т/га	рН,	Подвижные формы, мг/ 100 г почвы	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
Верховые	5 – 15	1 - 3	0,1-0,3	2 - 4	1 - 5	5 – 10
Переходные	10 - 20	4 - 5	0,3-1,4	3 - 4,5	5 - 10	10 - 15
Низинные:						
-слабозольные	15 - 25	5 - 10	1 - 2	4 - 5	5 - 12	10 - 15
-среднезольные	20 - 30	10 - 15	1,5-3	4,5-5,5	10 - 18	10 - 20
-высокозольные	25 – 40	15 - 20	2,5-5	5 - 6	15 - 20	15 - 25

Таблица 3 - Зависимость естественной влажности (в %) неосушенной залежи от типа залежи и степени разложения торфа [80]

Тип залежи	Степень разложения, %				
	10	20	30	40	50
Верховой	94,6	93,2	91,8	90,4	89,0
Низинный	93,0	91,0	89,0	87,0	85,0

Таблица 4 - Средние значения степени разложения, зольности и естественной влажности групп торфа [67]

Тип	Группа	Средние показатели, %		
		Степень разложения	Зольность	Влажность
Низинный	Древесная	50	12	87
	Древесно-травяная	45	9	88
	Древесно-моховая	40	7	90
	Травяная	30	7	91
	Травяно-моховая	30	6	91
	Моховая	20	6	92
Переходный	Древесная	50	5	88
	Древесно-травяная	40	4	89
	Древесно-моховая	35	5	90
	Травяная	35	5	92
	Травяно-моховая	35	4,3	91
	Моховая	50	4,5	91,5

Продолжение таблицы 4

Верховой	Древесная	55	3,5	87
	Древесно-травяная	50	3,4	88
	Древесно-моховая	40	3,0	88
	Травяная	45	3,0	90
	Травяно-моховая	30	2,5	92
	Моховая	15	2,5	93

Степень разложения торфа, или его гумификация, - это содержание в нем бесструктурной массы - гумуса в процентах от общей массы торфа. По этому показателю торфяные залежи разделяются на залежи низкой степени разложения – до 20 %, средней степени разложения – 20-35 % и высокой степени разложения – более 35 %.

«Влажностью торфа называется количество воды, выраженное в процентах к общей массе (относительная влажность) или в граммах на грамм сухого вещества (абсолютная влажность)» [61]. Зависимость между естественной влажностью (W) и степенью разложения (R) выражается следующими эмпирическими уравнениями:

- для верхового торфа: $W = 96 - 0,14R$;
- для низинного торфа: $W = 95 - 0,2R$.

Таблица 5 - Водно-физические свойства торфов и подстилающих пород [67]

Почва, Породы	Плотность, г/см ³	Коэффициент фильтрации, м/сут	Высота капил. поднятия, м	Пористость, %
1. Ат - торф:				
- верховой	0,05-0,1	0,3 - 0,8	0,55 - 0,65	90 - 95
- переходный	0,11-0,2	0,5 - 1,5	0,6 - 0,8	85 - 90
- низинный	0,2 - 0,3	1 - 2	0,65 - 0,9	75 - 85
2. АГ – суглинок оглеенный	1,4 - 1,6	0,1 - 0,3	1 - 2	45 - 50
3. G - подстилающая порода:				
- суглинок легкий	1,3 - 1,5	0,6 - 1,0	1 - 1,5	40 - 45
- супесь	1,3 - 1,5	0,8 - 1,5	0,4 - 0,6	35 - 40
- песок	1,5 - 1,6	1 - 2	0,1 - 0,2	30 - 40

Как правило, пожары на торфяниках происходят: при значительном понижении уровня грунтовых вод за счёт прекращения капиллярного подпитывания, в условиях выпадения малого количества осадков, и при высоких температурах воздуха, такая обстановка может складываться в период с конца апреля по сентябрь в средней полосе России, болотах с атмосферным типом водного питания, и на переходных и низинных болотах со смешанным и грунтовым типом водного питания, и на осушаемых землях сельскохозяйственного назначения.

1.3 Рекультивация выработанных торфяников для введения в сельскохозяйственный оборот с применением комплекса машин

1. Рекультивация выработанных торфяных месторождений подразделяется на направления:

- лесохозяйственное направление рекультивации земель - создание на нарушенных землях лесных насаждений различного типа;
- сельскохозяйственное направление рекультивации земель - создание на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий;
- водохозяйственное направление рекультивации земель - создание в понижениях техногенного рельефа водоемов различного назначения;
- рекреационное направление рекультивации земель - создание на нарушенных землях объектов отдыха;
- природоохранное направление рекультивации земель - приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для использования в природоохранных целях;
- санитарно-гигиеническое направление рекультивации земель - биологическая или техническая консервация нарушенных земель, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически не эффективна;
- строительное направление рекультивации земель - приведение нарушенных

земель в состояние, пригодное для промышленного, гражданского и прочего строительства.

Наиболее экономически эффективным является рекультивация выработанных торфяников под сельскохозяйственное использование с последующим производством растениеводческой продукции, которая может состоять из одного или двух этапов, технического с применением комплекса машин и биологического для производства сельскохозяйственной продукции. На выработанных торфяниках присутствует мелиоративная осушительная система, поэтому их вовлечение в сельскохозяйственный оборот регламентируется Государственной программой эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731.

На достижение этих целей из федерального бюджета до 2031 года предполагается выделить более 500 млрд. рублей. Ответственным исполнителем госпрограммы назначен Минсельхоз.

Реализация госпрограммы обеспечит устойчивое развитие агропромышленного комплекса на основе расширения фонда земель сельхозназначения, а также восстановления мелиоративного комплекса. В конечном итоге это послужит укреплению продовольственной безопасности страны.

Госпрограмма по вовлечению сельхозземель в оборот и по развитию мелиоративного комплекса будет действовать с 2022 по 2031 год включительно. Предполагается, что за это время в оборот удастся вовлечь 13 млн. га из 44 млн. га неиспользуемых сельхозземель. Объем финансирования программы составит 754 млрд руб. за десять лет, 540 млрд. руб. из них — федеральные средства.

Площадь неиспользуемых сельхозземель в России оценивается в 44 млн. га. Поскольку при завершении торфоразработок, согласно руководящим документам (ВНТП 19-86 и др.), необходимо оставить слой торфа для их последующего вовлечения в сельскохозяйственный оборот, данные земли относятся к

сельскохозяйственным.

Рекультивации подлежат земли нарушенные при разработке месторождений полезных ископаемых открытым или подземным способом и добыче торфа. К нарушенным землям относятся территории, утратившие свою хозяйственную ценность или представляющие экологическую угрозу для окружающей среды в связи с деградацией почвенного покрова, нарушения гидрологического режима и формирования техногенного рельефа в результате антропогенной деятельности. В нашем случае выработанные и осушенные не рекультивированные торфяники попадают под определение нарушенных земель.

При производстве работ по рекультивации выработанных и нарушенных торфяников, необходимо выполнять следующие операции: планировка территории и удаление пней, древесных остатков, камней и прочего мусора; срезка бровок каналов на площадях, обеспечение сохранности и поддержание в рабочем состоянии осушительной системы и гидротехнических сооружений на них, необходимых в период добычи торфа.

Повторное использование торфяников, желательно под земли сельскохозяйственного назначения.

В состав культуртехнических работ на техническом этапе входят: расчистка земель от деревьев, кустарников и пней; удаление камней; разрушение неровностей; планировка поверхности и уплотнение почвы.

Культуртехнические работы делятся на предварительную подготовку и первичную обработку верхних горизонтов почвенного покрова. Данная подготовка предназначена для удаления механических препятствий, то есть достижения состояния почвы, при котором возможна дальнейшая ее обработка.

Технология срезки широко используется на минеральных и торфяных почвах, заросших древесной и кустарниковой растительностью, с максимальным диаметром до 150 мм. Кусты и подлесок лучше всего обрезать зимой. При отрицательных значениях температуры воздуха стволы становятся хрупкими, а промерзший грунт способствует более качественному срезанию растительности.

Работы выполняются с помощью кусторезов, предназначенных для срезания стволов древесно-кустарниковой растительности, с максимальным диаметром до 15 см. По способу использования мощности рабочие органы данных механизмов подразделяются на активные и пассивные.

Пассивы поставляются с ножевым барабаном и горизонтальными ножами, и бывают одно и двух отвальными.

Ножевой барабан это каток, выполненный из стали на котором радиально установлены ножи. Барабан катится по обрабатываемой площади. За счет большой массы он прижимает стволы к поверхности и измельчает их установленными на нем ножами.

Пассивные рабочие органы, оборудованные горизонтальными ножами, монтируются на гусеничных или колесных тракторах. Они срезают стволы древесно-кустарниковой растительности при движении машины, рисунок 6.

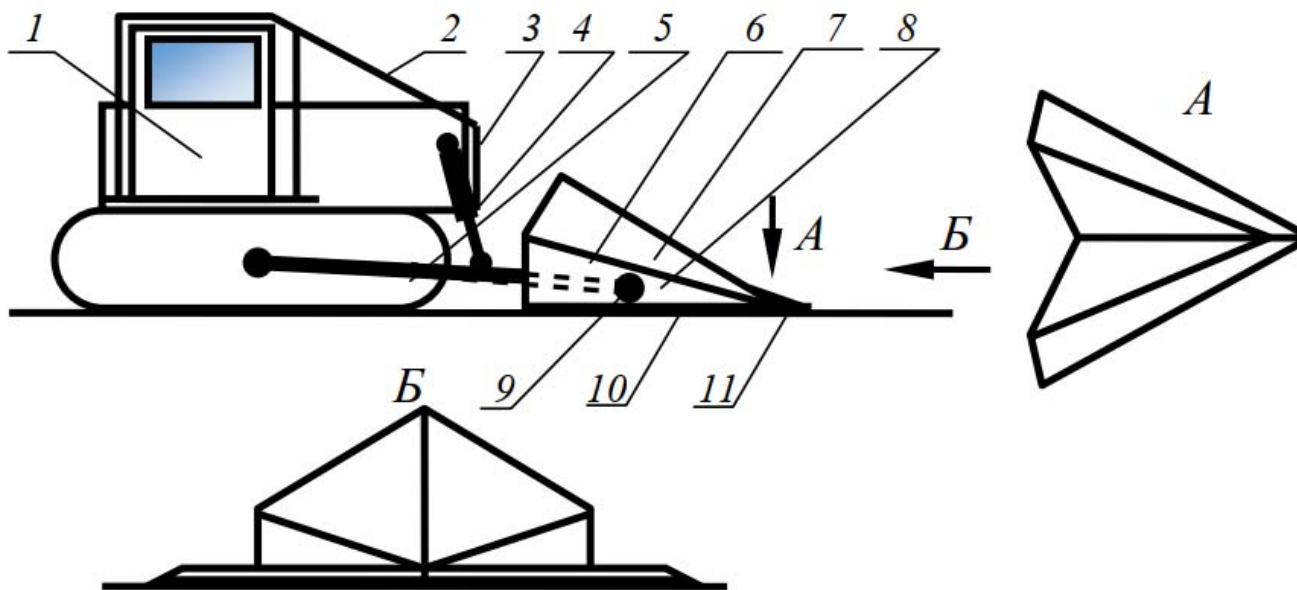


Рисунок 6 – Схема двухотвального кустореза: 1 – трактор базовый; 2 – ограждение; 3 – лист броневой; 4 – гидроцилиндры; 5 – рама толкающая; 6 – рабочий орган; 7 – щиты наклонные; 8 – щиты вертикальные; 9 – шарнир шаровой; 10 – ножи горизонтальные; 11 – клин-колун

На базовом тракторе 1 установлено ограждение 2 для защиты от падающей растительности. Двигатель защищен бронелистом 3. Рабочий орган 6 управляется гидроцилиндрами 4. Рабочий орган соединяется с базовым трактором толкателем рамы 5 с шаровым шарниром 9. Растительность срезается горизонтальными ножами 10, падает на верхние наклонные щиты 7, скользит по ним и отклоняется в стороны вертикальными щитами 8. Колку мелких пней или деревьев, с которыми может встретиться рабочий орган, производят колющим клином 11. Угол установки ножей в плоскости составляет 60... 64°.

Существуют рабочие органы с волнистой рабочей кромкой, оказывающие меньшее сопротивление при срезке стволов древесно-кустарниковой растительности.

Двухотвальное оборудование имеет большую длину и повышенный вес при довольно низком сопротивлении резанию. В последнее время получили распространение одноотвальные или односторонние кусторезы.

Одноотвальные кусторезы имеют большее сопротивление резу, более низкое качество резки, но имеют меньшие габаритные размеры, и вес, и собирают в валки в несколько раз больше древесины, что повышает производительность работ и уменьшает затраты, технические характеристики приведены в таблице 6.

Кусторез используют для расчистки земель сельскохозяйственного назначения в зимний период на минеральных и торфяных почвах при высоте снежного покрова до 0,5 м и промерзании почвенного покрова не более 0,1 м.

Таблица 6 - Технические характеристики кусторезов

Показатели	ДП-24	МП-14	МП-18-5
Тип	Двухотвальный	Одноотвальный	Одноотвальный
Базовый трактор	Т-130.1.Г-1	Т-130МБГ-1	Т-170
Ширина захвата, м	3,6	До 4,5	3,8
Максимальный диаметр срезаемых деревьев, см	12	15	15
Масса рабочего оборудования, кг	3320	21000	
Производительность, га/ч	–	0,9...1,0	0,75

Для срезки деревьев и мелкокося с последующим измельчением применяют кусторезы-измельчители, которые также мульчируют поверхность почвы, а для утилизации древесины используют измельчители.

Кусторезы-измельчители имеют активный рабочий орган, который производит операции по срезке и измельчению.

Довольно широкое распространение получили машины отечественного производства ИК-1,8, КФ-2,8 и КИД-202. Их технические данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Технические данные кусторезов-измельчителей

Показатели	ИК-1,8	КФ-2,8	КИД-202
Базовый трактор	ДТ-75	ДТ-75В	К-701
Ширина захвата, м	1,8	2,8	2,0
Максимальный диаметр измельчаемой растительности, см	10	15	12
Производительность, га/ч	0,05...0,1	0,1...0,2	0,06...0,16
Высота срезания, см	5...30	5...26	5...30
Диаметр фрезы, мм	700	100	800
Число ножей или молотков	25	3	3
Масса оборудования, кг	1300	1630	4820

Схематически ИК-1,8 представлен на рисунке 7.

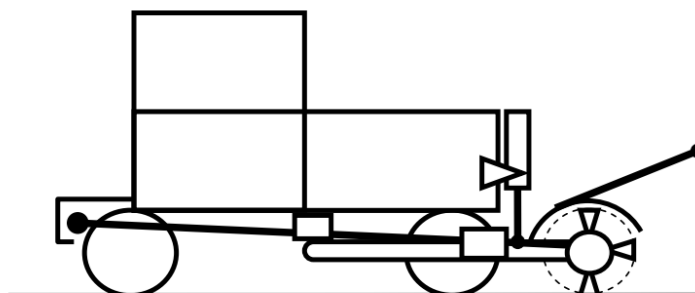


Рисунок 7 – Схема кустореза-измельчителя ИК-1,8

Молотковая фреза приводится в действие при помощи вала отбора мощности трактора. Стволы растительности перед измельчением наклоняют брусом.

Работы по выкорчевыванию древесной растительности различны по способам их выполнения, и как следствие обладают разными по энерго- и трудозатратами.

Удаление пней может производиться: выкорчевыванием, фрезерованием верхней части пня, одновременным фрезерованием пня и почвы или взрывным способом.

Корчевание – является распространенным способом удаления пней. Он позволяет удалить как наземную часть пня, так и основную массу корневой системы. В зависимости от требований сельскохозяйственного производства, после корчевания проводится технологическая операция по вычесыванию остатков корней из почвы.

Основными недостатками данного способа является образование ям на месте пня и потеря плодородной почвы. Чтобы уменьшить негативные последствия, применяют раздельное корчевание, при котором извлеченные пни оставляют на месте проведения работ для их высушивания, а затем отряхивают от земли. При этом значительное количество почвы остается на месте.

Для корчевания одновременно с отряхиванием земли применяют рабочий орган АКП-1 и машину ЛП-52. При этом почва после отряхивания почти полностью заполняет яму, образовавшуюся на месте удаленного пня.

Наиболее распространенные древесные растения делятся на следующие группы: I - виды с глубокими и мощными стержневыми и боковыми корнями (дуб, сосна, лиственница); II - породы с мощными поверхностно-ползучими боковыми корнями (ель, ольха серая, осина, ива древовидная); III - породы с мощными боковыми корнями, частично проникающими вглубь земли, а частично стелющимися поверхностно (береза, ясень).

Корчеватель — это машина, предназначенная для удаления, кустарников и пней, а также корневой системы, скрытых древесных остатков и камней.

Они делятся на следующие группы:

- машины с канатной тягой;
- машины, корчующие зубьями или рычагами при неподвижной машине;

- машины, корчующие зубьями, рычагами или крюками при поступательном движении;

- машины, корчующие зубьями или рычагами при комбинированном перемещении, т. е. поступательном движении машины при одновременном подъеме или повороте рабочего органа;

- манипуляторные машины;

- корчевальные комплексы;

- машины, подрезающие корни и измельчающие пни;

- роторные корчеватели.

В зависимости от типа базовой машины бывают корчеватели на гусеничном или колесном тракторе.

По способу управления делятся на гидравлические и тросовые.

По схеме агрегатирования могут быть навесными, роторные — прицепными или полуприцепными.

По месту установки рабочего органа корчеватели подразделяются на машины с передним и задним расположением рабочего органа.

Удаление камней включает в себя следующие технологические операции:

- выкорчевывание, сбор в кучи, погрузка и транспортировка.

Выбор метода удаления камней и машины зависит от количества камней, их размера и площади участка.

По размерам камни делят на мелкие — 3—30 см, средние — 30—60 см, крупные — 70—100 см и валуны — более 100 см. Сначала удаляют крупные и средние, затем мелкие. В зависимости от степени загрязнения различают сильнокаменистые почвы - с объемом каменных более 50 м³/га, среднекаменистые - 25-50 м³/га, каменные - 5-25 м³/га, слабокаменистые - менее 5 м³/га. По расположению в земле - глубокие, скрытые и поверхностные.

Удаление камней проводится в два этапа. На первом камни удаляют, после удаления растительности перед обработкой почвы, на втором — во время основной обработки почвы или после нее.

Для удаления камней применяют камнеуборочные механизмы марки УКЭ-0,6 и УСК-0,7А, а также корчеватели КСП-20, ДП-8А, МП-2Б, корчеватель-погрузчик КПП-75. Для данных технологических операций можно использовать бульдозеры.

Удаление кустарниковой растительности путем запашки. Запашка кустарниковой растительности – недорогой и эффективный способ обустройства земель сельскохозяйственного назначения при первичном освоении угодий, позволяющий исключить ряд производственных операций по срезке, сборки массы древесных остатков, что сокращает экономические и производственные издержки.

Запашка кустарниковой растительности эффективна на землях, не требующих масштабных работ выравниванию поверхности, без большого количества крупных пней, погребенной древесины, не каменистой местности, при толщине торфяной почвы от 25 до 35 см, что экономически эффективнее технологической операции по ее выкорчевыванию. Для запашки используют специальные болотные плуги марки ПБН-75, ПКБ-75 и ПБН-100. Максимальный диаметр ствола составляет 8 см, высота 4 м. На осушенных торфяниках, после торфоразработок, древесно-кустарниковую растительность запахивают на глубину 22.- 30 см. для активации микробиологической деятельности по ее разложению. Перед проведением технологической операции запашки крупные деревья, пни, и камни удаляют с территории проведения работ. При большом количестве в древостое деревьев породы ив запашку не производят по причине отрастания данной породы после проведения указанных выше работ

Очистка территории от деревьев и кустарников при помощи выполнения технологической операции фрезерование. Древесно-кустарниковую растительность на торфяниках с диаметром ствола до 12 см эффективно удалять измельчением, так как исключаются энергозатраты на технологические операции, такие как: вырубка и корчевание, удаление древесной массы, сгребание в ямы и сжигание, вспашка, и последующие дискование, и прикатывание торфяной почвы. Вместо этих операций древесную растительность измельчают, смешивают

с почвой и укатывают. Перечисленные работы выполняются за один проход машины. При наличии на территории крупных деревьев или пней их обрезают, чтобы высота пня не составляла выше 5-10 см над землей, и удаляют. После проведения технологической операции по фрезерованию дальнейшая обработка почвы не требуется.

Фрезерование верхнего горизонта торфяной почвы в зимнее время и последующей вспашки в вегетационный период необходимо применять при редкой и средней густоты кустарника и стерневого покрова, когда обрезка кустарника неэффективна и запашка кустарника невозможна из-за незначительной мощности слоя торфа.

Для сплошного фрезерования почв, в период вегетации древесно-кустарниковой растительности, и удаления пней и остатков корней применяют специальные фрезы, таблица 8 [72].

Технологическую операцию по фрезерованию древесно-кустарниковой растительности до 12 см эффективнее выполнять на торфяных почвах фрезами типа (МТП-42А, ФКН-1,7). Данные механизмы измельчают кустарник на частицы фракцией до 3 см и смешивают с почвой. Скорость разложения измельченных и вспаханных древесных остатков ускоряется при внесении в почву азотных минеральных удобрений. Производство культур-технических мероприятий фрезерованием заменяет ряд технологических мероприятий, таких как: срезка; корчевание; первичная обработка и прикатывание торфяной почвы.

Фрезы обладают не высокой производительностью не выше 0,3 га за смену. Производительность можно увеличить путем предварительной обрезки и удаления надземной части кустарниковой растительности, а также путем совмещения мелкого мульчирования кустарников на глубину до 20 см с последующей глубокой вспашкой до 35 см, данные технологические операции эффективнее выполнять в зимнее время при отрицательных температурах окружающего воздуха, когда почва промерзает на глубину не менее 15 см, а толщина снежного покрова достигает не более 50 см.

Объем подготовительных работ по планировке поверхности в зависимости микрорельефа изменяется от 50 до 1000 м³/га, и может достигать 2500-3000 м³/га почвы. По неровности рельефа различают капитальную, восстановительную, и выборочную планировку поверхности почв сельскохозяйственных угодий [50].

Таблица 8 – Технические характеристики фрез

Тип машины	прицепная	полуприцепная	навесная
Ширина захвата, м	1,7	1,7	1,7
Диаметр фрезы, мм	830	1200	710
Вид режущих элементов	грибовидные	сегментные	дисковые
Число ножей на фрезе, шт	92	138	215
Глубина фрезерования торфяной почвы, мм	400	400	250
Производительность, га/ч. торфяная почва	0,1	0,1	0,6
Диаметр фрезеруемых древесных стволов, мм	120	120	100
Масса, т	5,5	6,5	5
Минимальный радиус поворота, м	13,5	13,25	4,87

Капитальную планировку выполняют по поверхности, со сложным микрорельефом, различными уклонами местности, наличием неровностей разных размеров на всем протяжении участка.

Первичный план застройки земельного участка определяется комплексом технологических операций:

- выборочное капитальное планирование, которое заключается в устранении ненужных земляных работ, вскрытия или заполнения бессточных (закрытых) понижений;

- капитальное планирование в соответствии с проектом на производство работ;

- приведение микрорельефа в соответствие с проектными отметками;

Капитальная планировка производится при помощи комплекса машин, таких как бульдозеры, грейдеры, скреперы и т.д. Выбор и применения машин и механизмов определяется параметрами проекта, таких как, объем, дальность перемещения грунта.

Капитальную планировку производят на территориях со сложным микрорельефом, до 20-25 м в ширину и изменениями по высоте 0,2-0,3 м.

Данную технологическую операцию производят бульдозерами при перемещении грунта до 150 м, а на большее расстояние - скреперами и грейдерами.

Планировщики различаются по типу рабочего органа и способу крепления, а также по тяговому классу трактора, с которым они агрегируются.

Технические характеристики основных бульдозеров приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики бульдозеров

Мощность двигателя, кВт	118	243
Число зубьев, шт.	1	1-3
Наибольшее заглубление, см	50	70
Длина отвала, м	3.22	4.73
Высота отвала, м	1.3	1.75
Эксплуатационная производительность м ³ /ч, на перемещение грунта при дальности 50 м	75	154
Эксплуатационная производительность м ³ /ч, на рыхление	47	90
Удельные затраты топлива на 1 м ³ грунта, кг	0.248	0.284
Масса с трактором, тонн	17.5	54.2

Технологические операции по планировке поверхности производятся грейдерами различных типов, схема движения машин включает последовательные и параллельные проходы с установкой отвала в соответствующие положение.

Срезанный слой торфяной почвы, перемещается в сторону при угле захвата менее 90°, а перед отвалом - при угле захвата 90°.

Достоинства грейдеров: управление одним механизатором, маневренность, широкий диапазон скоростей, простота управления.

Технические характеристики автогрейдеров и приведены в таблице 10.

Таблица – 10 Технические характеристики грейдеров

Показатели	Автогрейдер			Прицепной	
	Длина отвала, м	3,04	3,7	3,7	3,7
Высота отвала, м	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5
Глубина резания, см	20	25	50	30	20
Радиус поворота, м	11	15	18	15	11
Мощность двигателя, кВт	66	99	121	Нет	Нет
Масса, т	9,7	12,4	17,4	3,9	2,8

Планировщики различаются по типу рабочего органа и способу крепления, а также по тяговому классу трактора, с которым они агрегатируются. Технические характеристики приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики планировщиков полей

Вместимость ковша, м ³	2	2,2	3,0	3,5	3,5	3,0
Ширина захвата, м	4	2,8	4	4	4,5	5,0
Наличие разрыхлителя	есть	нет	нет	есть	есть	есть
Длина базы, м	12	15	15	9	12	5,7
Рабочая скорость, км/ч	3,7	3,7	3,7	3,7	5,0	3,7
Минимальный радиус поворота, м	12	16	16	12	11	11
Производительность га/час	1,1	0,8	1,2	2,1	1,2	1,7
Точность планировки, см	5	5	5	5	5	2
Расход топлива, кг/га	45	40	41	45	33	14
Затраты труда, чел. ч/га	1,8	2,5	1,67	0,83	1,33	0,59
Масса планировщика, т	6	2,9	3,8	5,2	5,6	3,5

Изменение физических свойств торфяных почв достигается в результате прикатывания, и уплотнения с вибрацией и сочетанием ударов. При выполнении технологических операций катками слой почвы уплотняется за счет статического воздействия массы катка. При виброуплотнении от катка к грунту передаются вибрации, ослабляющие связи между его частицами, что позволяет уплотнять грунт на большую глубину при меньшем статическом воздействии. При трамбовке уплотнение достигается за счет динамического воздействия падающего груза на поверхность уплотняемого материала. При виброуплотнении вибрирующая масса плиты сообщает частицам почвы колебательные движения, связи между ними нарушаются, происходит увеличение объемной плотности за счет динамического воздействия.

Для уплотнения грунта используют различные грунтоуплотняющие машины, основными из которых являются катки, трамбовки и виброплиты.

1.4 Технологии использования выработанных торфяников в сельскохозяйственных целях

На выработанных и осушенных торфяниках, предназначенных под сельскохозяйственное использование применяют следующие виды их освоения:

1. песчаная культура;
2. покровное освоение;
3. немецкое смешанно слойное освоение;
4. черная культура земледелия.

В сельском хозяйстве песчаные культуры наиболее широко используются в странах Северной и Центральной Европы (Финляндия, Швеция, Норвегия, Дания, Германия). В России такие системы использования торфяников ограничены.

В зависимости от типа торфяной разработки дозы для равномерного внесения песка в почву изменяются от 200-300 до 500-600 м³/га. Технологические операции проводят на участках с мощностью торфяной залежи не менее 50 см.

Песок завозится и разравнивается по поверхности, затем перемешивается с торфяной почвой фрезами.

Этот способ изменяет физико-химические свойства, водный, тепловой и питательный режимы торфяных почв и в целом снижает ее пожароопасность, но в России не применяется.

Покровную культуру применяют на торфяных почвах (с зольностью более 20 %), при котором песок завозят на территорию с нормой 1000-1500 м³/га и возделывают сельскохозяйственные культуры непосредственно на песчаном слое без перемешивания с верхними горизонтами торфа.

Использование минерального грунта способствует улучшению физико-химических и теплофизических свойств, а также водного и теплового режимов торфяных почв.

При культивировании покровной культуры на поверхности торфяной почвы формируется пахотный песчаный горизонт мощностью от 15 см. Процесс формирования песчаного горизонта трудоемок и в России не применяется.

Смешанослойная культура сельскохозяйственного освоения выработанных торфяников исключает вероятность переувлажнения почвы при переуплотнении, как результата агротехнических приемов для выращивания продукции растениеводства.

Данная технология получила распространение в Голландии, Дании и Германии на ранее осушенных массивах на подстилающих песчаных грунтах, и применяется на торфяных почвах с мощностью торфяного слоя от 0,5 до 2,4 м, дренируемых систематической сетью открытых каналов.

В Германии для реализации данной технологии применяется винтовое устройство, устанавливаемое на трактор. Особенность такой машины в том, что шнеком извлекают песок непосредственно из-под слоя торфа, рисунок 8.

Торфяные осушенные почвы обрабатывают плугами специальной конструкции инженера В. Оттомайера с удлиненным винтовым лезвием. Плуг позволяет проводить глубокую вспашку с переворачиванием всего слоя торфа. В результате в почве устанавливаются торфяные горизонты в виде отдельных слоев под углом 45° , между которыми находится слой песка. На поверхности торфяных почв образуется пахотный песчаный горизонт мощностью до 15 см.

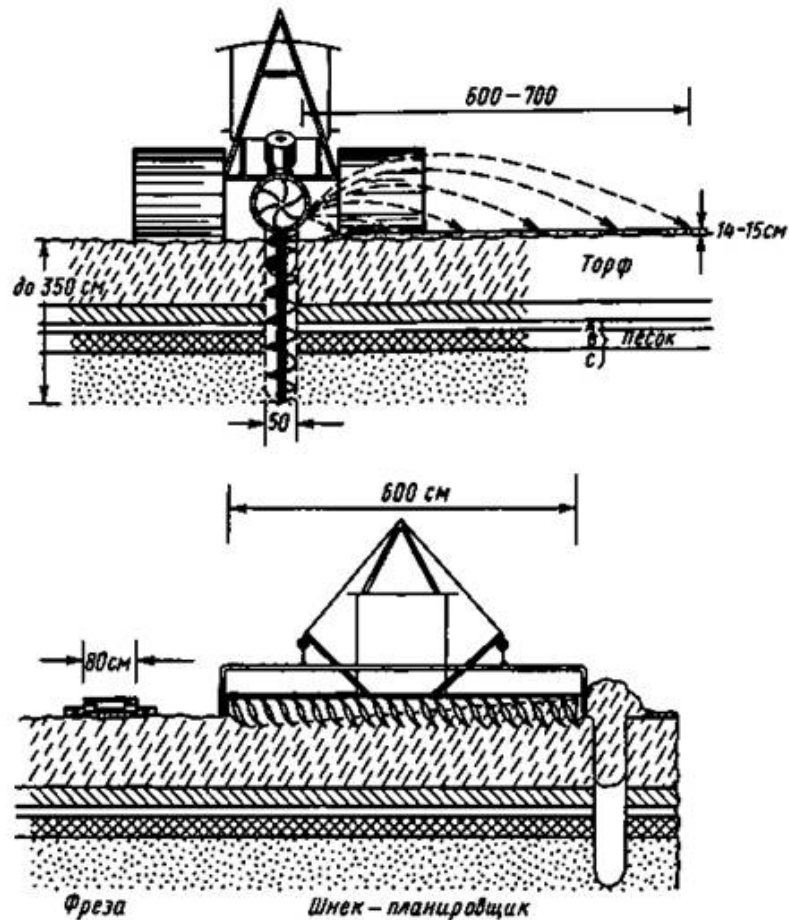


Рисунок 8 – Шнековая машина для извлечения на поверхность осушенных торфяных почв песка (супеси) и формирования насыпного минерального пахотного горизонта. Римпауская культура осушенных торфяных почв [Gottlich, Kuntze, 1980]

При внесении минерального грунта в верхние слои торфяной почвы происходят изменения ее теплофизического режима, что исключает возможность возникновения торфяных пожаров.

Эта технология не используется в России по ряду объективных причин, таких как дороговизна машин и механизмов и высокая стоимость их обслуживания.

Кроме того существует черная культура земледелия освоения выработанных осушенных торфяников при введении их в сельскохозяйственный оборот, когда используются торфяные почвы без внесения минерального грунта.

Осушенные торфяные почвы в России в настоящее время в основном используются для выращивания пропашных и зерновых культур в условиях культуры земледелия.

Черной культурой земледелия на осушаемых торфяных почвах называют их использование для возделывания зерновых, овощных и других сельскохозяйственных растений без защитного песчаного покрытия поверхности и посева многолетних трав.

При черной культуре земледелия, особенно при использовании сельскохозяйственных угодий для возделывания пропашных, овощных культур, происходит интенсивное срабатывание органического вещества в торфяной почве.

Поверхность выработанного торфяника при черной культуре освоения открыта для возникновения торфяных пожаров.

Пожары на осушаемых торфяниках возникают в результате понижения уровня грунтовых вод и отрыва их капиллярной каймы от торфяных горизонтов почв. Пожары уничтожают наиболее плодородные группы почв Нечерноземья, отрицательно влияют на разнообразие и видовой состав биоты, ухудшают условия работы транспорта, вызывают заболевание и гибель людей.

Как показали гидрологические исследования, на осушаемых торфяных почвах основной причиной возникновения пожаров и тотального выгорания органогенных горизонтов является отрыв капиллярной каймы зеркала грунтовых вод от нижних горизонтов торфяной залежи. При этом возгоранию подвержены осушаемые болотные массивы в период летней межени на фоне высоких температур. Как правило, пожары возникают на самотечных осушительных системах, а также на польдерных системах, многие из которых в настоящее время выведены из строя в результате разрушения их энергетических и насосных узлов.

В Нечерноземье осушаемые низинные торфяные почвы обладают высоким плодородием. Они располагаются преимущественно в полесских ландшафтах,

минеральные песчаные почвы которых отличаются весьма невысокой продуктивностью. Это, в частности, определяет необходимость надежной защиты торфяных почв региона от тотального пирогенного уничтожения.

1.5 Особенности горения и возгорания торфа

Торф приобрел печальную известность в связи с подземными пожарами, известными человечеству на протяжении тысячелетий. Данные пожары практически не поддаются тушению и представляют собой огромную опасность.

Такие пожары движутся медленно, по несколько метров в сутки, распространяются на всю глубину торфа, характеризуются тем, что их практически нельзя потушить, опасны непредвиденными прорывами огня из подземного слоя и тем, что кромка его не всегда заметна. Признаком подземного пожара является характерный запах гари, поверхность почвы горячая. Пожары на торфяниках возникают обычно от самовозгорания, ударов молнии или из-за несоблюдения правил пожарной безопасности при низкой влажности торфа и высоких температур воздуха, а также при осушении территории для различных целей. Торф обладает свойством к возникновению процесса самовозгорания. Данный эффект происходит при температуре воздуха от $+35^{\circ}\text{C}$ до 40°C (поверхность торфяной почвы в средней полосе РФ в Нечерноземной зоне в летнюю жару нагревается от $+52$ до $+90^{\circ}\text{C}$). Также торфяные пожары являются развитием низового лесного пожара. В слое торфа в этих случаях пожар проникает в торф на уровне стволов деревьев. Процесс происходит на первоначальном этапе в режиме тления. В таблице 12 приведена классификация торфа по склонности к самовозгоранию. Почвенные торфяные пожары охватывают большие площади и трудно поддаются ликвидации, при заглублении очага горения.

Торф, как правило, горит в любых направлениях. На процесс горения не оказывает влияние ни сила ветра, ни его направление. Внутри почвенного

горизонта торф продолжает гореть как во время дождя, так и во время снегопада, образуя пустоты внутри горизонта [10,12,33 и др.]. Торфяные пожары распространяются в слое почвы в режиме тления, и их скорость имеет значения от десятых долей метра до нескольких метров в сутки. Обычно они возникают во второй половине пожароопасного сезона после длительного периода засухи, сопровождающегося понижением уровня грунтовых вод. Пожары подразделяются на одно - и многоочаговые [11,33,44,64 и др.].

Таблица 12 -Классификация торфа по склонности к самовозгоранию [72]

Тип торфа	Вид торфа	Степень разложения, %	Группа по склонности к самовозгоранию
Низинный	Осоковый	До 35	В – опасная
	Шейхцериевый	20	
	Сфагново-низинный	20	
	Тростниковый	20 и 31-35	
	Осоково-гипновый низинный	20	
	Древесно-тростниковый	31-35 и выше	
	Древесно-осоковый	24-35 и выше	
	Хвощевый	21-30	
Низинный	Осоково-сфагновый низинный	До 20	А – безопасная
	Березовый	35 и выше	
Верховой	Комплексный верховой	До 20	В – опасная
	Фускум-торф	До 20	
	Медиум-торф	До 20	
	Пушицевый	До 20	
	Шейхцериевый верховой	До 20	
	Сосново-пушицевый	До 20	А – безопасная
Сфагново-мочажинный	До 20		
Переходный	Древесно-сфагновый	До 20	В – опасная
	Сфагново-переходный	До 20	
	Шейхцериевый переходный	20	С – среднеопасная
	Древесно-переходный	До 30	
	Осоково-сфагновый переходный	До 30	

Аэродинамика пожара такова, что он имеет тенденцию заглубляться. Достигнув нижних слоев, горение может распространяться по ним на десятки метров от места первоначального заглубления, лишь местами выходя на поверхность. Высокое содержание в торфе битумов (до 25%) обеспечивает его высокую теплотворность. Процесс горения торфа характеризуется высокой температурой, с выделением парообразного парафина, который обволакивает непрогретые частицы торфа непроницаемой пленкой и препятствует их смачиванию водой [128 и др.]. Неоднородное горение нижних слоев продолжается устойчиво и не может быть остановлено тушением поверхностных очагов пламенного горения или тления водой или кратковременными осадками.

Поскольку тление торфа происходит при недостатке кислорода, распространение пожара сопровождается выделением большого количества продуктов неполного сгорания относительно крупных дымовых частиц, окиси углерода и т.д., таблица 13.

Наличие скрытых (невидимых на поверхности) очагов пожаров на торфяниках и сильное задымление делают борьбу не только трудной, но и опасной. Горение торфа обусловлено содержанием в нем углерода (52-56% от общей массы), атомов кислорода (30-40%) содержащихся в молекулах химических веществ, водорода (5-6%). Состав близок к лесным горючим материалам. Теплотворная способность торфов примерно составляет 5500 ккал/кг. В процессе разогрева из торфа испаряется влага и происходит пиролиз, при котором образуются газообразные вещества и кокс, способные к воспламенению при наличии окислителя (в естественных условиях кислорода). Процесс горения в природных условиях под поверхностью при наличии влаги и дефиците окислителя (кислорода) протекает в фазе тления [12,13,32,224,225,233 и др.].

Фронт торфяного пожара в подпочвенном слое распространяется со средней скоростью 7 мм/ч. Процесс горения зависит от наличия кислорода как активного окислителя, и имеет диффузионный характер. Торф горит под почвенными слоями, что затрудняет обнаружение очага возгорания, признаками которого является нагрев поверхности торфяного слоя и стелющийся дым (угарный газ как

продукт частичного сгорания), пепел сероватого или белого цвета с не плотной структурой. Торфяной пожар, как правило, склонен к самозаглублению, и распространяясь как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Проникновение газообразных продуктов горения через поры торфяного слоя замедляют поступления кислорода из приземных слоев воздуха к очагу горения, в результате чего торфяной пожар распространяется со значительно меньшими скоростями, чем верховые лесные пожары. В процессе горения торфа выделяются как продукты не полного окисления (CO) так и полного (CO₂, H₂O), а также водород, метан, дым, сажа.

Таблица 13 - Состав и количество продуктов горения образцов торфа [32]

№	Компоненты продуктов горения торфа	Степень превращения, % масс
1	Водород	0,08-0,12
2	Окись углерода	16,0-18,0
3	Двуокись углерода	78,0-82,0
4	Метан	0,4-0,6
5	Этилен	1,4-1,6
6	Пропан	0,10-0,12
7	Пропилен	0,60-0,80
8	Бутан	0,20-0,25
9	Бутилен	0,20-0,30
10	Изобутилен с бутадиеном	0,25-0,30
11	Пентан с изопентаном	0,10-0,20
12	Пентен и изопентены	0,10-0,20
13	Гексан и изогексаны	0,05-0,10
14	Гексен и озогексены	0,10-0,20
15	Бензол	0,25-0,30
16	Толуол	0,40-0,45

Продолжение таблицы 13

17	Ацетальдегид	0,55-0,65
18	Акролеин	0,45-0,55
19	Акрилонитрил и цианистый водород	0,25-0,30
20	Ацетонитрил	0,10-0,20
21	Нафталин	0,25-0,30

Вероятность возникновения пожаров на осушенных торфяных почвах, используемых в сельскохозяйственном обороте, зависит от количества осадков, в изменяющихся климатических условиях, выпадающих в вегетационный период. При их количестве, с начала вегетационного периода 250-280 мм, и их неравномерного распределения, возникают подстилочные и низовые пожары на торфяных почвах. Помимо осадков, на влажность торфяных осушенных почв влияние оказывает уровень грунтовых вод, солнечная радиация и ветер. В засушливые годы риск возникновения почвенных торфяных пожаров на неосушенных и осушенных землях практически не различается. Из-за понижения уровня грунтовых вод неосушенные торфяники по влажности торфяного слоя сравнивают с осушенными. В случае пожара торфяные почвы полностью выгорают до уровня грунтовых вод [167, 168, 223, 246 и др.].

1.6 Выводы по главе

1. Наиболее экономически эффективным является рекультивация выработанных торфяников под сельскохозяйственное использование с последующим производством растениеводческой продукции.

2. Осушаемые торфяные почвы в России в настоящее время используют, преимущественно, для возделывания пропашных и зерновых в условиях черной культуры земледелия.

3. Поверхность выработанного торфяника при черной культуре освоения открыта для возникновения торфяных пожаров. Площадь пирогенных образований составляет до 50-60% выгоревшей территории сельскохозяйственных угодий.

4. Пирогенные образования обладают низким плодородием и сельскохозяйственное производство на них возможно только после внесения значительных масс органических (до 100 – 150 т/га), и минеральных удобрений.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

В пределах Центральной Нечернозёмной зоны при сочетании различных геологических условий, изменений формы рельефа поверхности на фоне определенных климатических условий и широкого ряда почвенных разностей, различных типов растительности и типов торфяных месторождений можно выделить следующие естественные торфяно-болотные районы:

- Район Приволжской низменности;
- Район Клинско-Дмитровской и Волоколамской гряды;
- Район Мещерской низменности;
- Район Верейско-Подольского плато.

Для определения теплофизических характеристик торфяной почвы были выполнены экспериментальные лабораторные и полевые исследования, о чем будет сказано далее.

Экспериментальные полевые исследования проводились на осушенном в 1954 году болоте «Кальское», расположенном на землях ЗАО «Заборье» Рязанского района Рязанской области в районе Мещерской низменности.

В Мещерской низменности отдельные районы имеют заболоченность 10 — 20%, и особенно сильно заболоченным является Луховицкий район, где целая треть от общей территории (33,4%) занята болотами и торфяниками.

Данная область представляет два подрайона:

- 1) подрайон собственно Мещерской низины;
- 2) подрайон более или менее пологих склонов, идущих от Клинско-Дмитровской гряды, то есть Приклязьминскую низменность и склонов от Подольско-Верейского плато.

Приклязьминская низменность ограничивает Клинско-Дмитровскую гряду с юга, захватывая ее пологие склоны. Продолжением низменности является

Мещера, с которой она незаметно сливается на юге. В пределах долины р. Клязьмы слабо выражены три надпойменные террасы. Из них наиболее широкого развития достигает вторая древнеаллювиальная надпойменная терраса. Особенно значительной ширины она достигает к северо-востоку от Москвы, в междуречьи рек Москвы и Клязьмы. Вторая терраса в бассейне р. Клязьмы расчленяется ее притоками, р. Шерной, Большой Дубной и другими. Между ними располагаются торфяные месторождения с многочисленными озерами, заполненными сапропелевыми отложениями. В древних ложбинах стока образуются не только озерные впадины, но и торфяники низинного типа. Это в первую очередь относится к торфяным месторождениям, ориентированным с северо-запада на юго-восток, в общем направлении размыва Клинско-Дмитровской возвышенности. Преобладание торфомассивов низинного типа генетически связано с областью размыва. Здесь в условиях наклонной к реке Клязьме равнины в связи с выходами грунтовых вод создается определенный водно-минеральный режим, неизбежно приводящий к образованию торфяников, проходящих низинную стадию развития.

Северная граница Мещерской низменности проходит по левобережью р. Клязьмы, южная - по Оке, а восточную границу составляет известняковая Касимовская гряда - часть Окско-Цнинского вала. Обширная заболоченная территория Мещеры находится в пределах понижения в каменноугольных отложениях, заполненного юрскими и меловыми породами. Основной характер ее поверхности сложился в дочетвертичное время и определился особенностями залегания коренных пород. Низменность занимает почти все пространство ассиметричного междуречья р. Клязьмы, Оки и Москвы. Водораздел междуречья примыкает к р. Клязьме.

Развитие эрозионных форм рельефа Егорьевского плато, близость их к крупной водной артерии, реке Оке, обуславливает хороший поверхностный сток и препятствует заболачиванию. Благоприятные условия для возникновения торфообразовательного процесса были созданы у подножья склонов Верейско-Подольского плато, где на стыке двух геоморфологических районов

прослеживается полоса низинных торфяников, вытянутая в направлении с северо-запада на юго-восток. Такая же закономерность присуща системе самых крупных торфяных массивов Мещерской низины. Аналогичная картина наблюдается на востоке, где торфяники приурочены к асимметричным ложбинам. Шатурское торфяное месторождение, заключающие группу озёр, в основании торфа и сапропелевых отложений озёр залегают флювиогляциальные и древнеаллювиальные отложения. К древнеаллювиальным пескам приурочен водоносный горизонт, имеющий своим водоупором верхние юрские глины. Абсолютные отметки зеркала грунтовых вод, расположенные вблизи земной поверхности, изменяются от 128 до 116 м.

Поскольку Мещерская низменность территориально как бы врезается мысом и доходит своей «вершиной» почти до Москвы, второй характерный подрайон приобретает своеобразную конфигурацию. Он узкой полосой как бы охватывает Мещерскую низину с обеих сторон в ее истоках. Этот подрайон отличается от собственно Мещерской низменности и по характеру торфяных месторождений. Здесь расположены Щелковский, Мытищинский, Люберецкий, Раменский районы, для которых характерно преобладание низинных торфяных месторождений. При этом здесь нередко встречаются массивы, достигающие значительных размеров. Кое-где зарегистрированы и небольшие верховые болота, связанные с древним аллювием.

Михневское месторождение Раменского района расположено в пойменно-притеррасных условиях. Притеррасное положение обеспечивает ему высокое минеральное питание, дренирующее же воздействие речного русла, обуславливает высокую степень разложения торфа и преобладания в залежи лесных или тростниково-лесных торфов. Верховые торфяники составляют редкое исключение и связаны преимущественно с озерными котловинами. Одним из таких месторождений является «Малое Косинское». В основании залежи накоплены мощные толщи детритового сапропеля, выше которых располагаются значительные слои верхового, комплексного торфа низкой степени разложения. Подрайон Мещеры очень близок по своим особенностям как

геоморфологическим, так и гидрологическим, области Верхне-Волжской низменности.

Почвы имеют обычно легкий гранулометрический состав (супесчаные и песчаные), суглинистые же разности встречаются сравнительно редко. Характерно для района большое развитие процесса заболачивания: заболоченные дерново-подзолистые почвы занимают здесь до 50 % всей площади. По степени оподзоленности преобладают средне-оподзоленные виды. В растительном покрове торфяных месторождений встречаются разнообразные группировки. На низинных болотах - сфагново-осоковый, гипново-осоковый, осоковый, гипново-осоково-лесной комплексы, а также березняки и ольшаники; на верховых - сосново-кустарниковый, медиум-комплекс; на крупнейших в районе месторождениях - Радовицком и Туголесском - значительно распространен также грядово-мочажинный комплекс.

Район Мещерской низменности характеризуется наибольшей заболоченностью в ряду других районов областей. Здесь сосредоточены крупнейшие месторождения; некоторые из них достигают по площади десятки тысяч гектаров. В отличие от всех рассмотренных районов здесь заметное участие в сложении торфяных месторождений имеет верховой торф. Хотя низинные залежи в районе и преобладают, но все же верховые участки составляют здесь значительный процент примерно 25%. Большое распространение в пределах района имеют торфяные месторождения вторых надпойменных террас, типичным представителем которых является «Радовицкий Мох» Луховицкого района.

Месторождения, приуроченные к этой форме рельефа, как правило, верховые. В условиях средней полосы они обычно представлены медиум-залежами, реже комплексными. В них достаточно ярко выражен пограничный горизонт, нередко над пограничным горизонтом прослеживаются еще 2-3 прослойки пушицевого торфа повышенной степени разложения. Степень разложения достигает 32-35%. Краевые зоны этих месторождений представлены иногда пушицевыми залежами, чаще же центральный верховой участок таких месторождений по мере приближения к окраинным зонам переходит через

смешанный тип к типу низинному, чаще топяному, иногда лесному.

Характерной особенностью торфяников вторых террас района является чрезвычайно сильная изрезанность линии дна; на небольшом расстоянии - 200-300 м мощность залежи резко изменяется, часто на 1 -1,5 м, а иногда и больше. Такая резкая расчлененность рельефа минерального дна обусловлена интенсивной развевающей деятельностью ветра в предшествующие возникновению торфяников стадии развития ландшафта. В пределах описываемого района заторфованными оказываются не только основные элементы рельефа, т.е. поймы, террасы и водоразделы. Во многих случаях торфяной пласт покрывает и склоны, связывающие эти формы рельефа друг с другом. Чаще всего заторфованными бывают склоны от третьей террасы или водораздела ко второй надпойменной террасе, или от второй террасы к первой. В последнем случае образуются торфяники так называемых промытых ложбин, представленные низинными, но очень малозольными отложениями шейхцеријево-топяного или сфагново-топяного торфов.

Склоны же от третьей террасы ко второй, как правило, являются местом образования верховых месторождений. Это обширные по площади массивы с значительными запасами малозольного торфа. В областях, расположенных к северу и северо-западу от Московской области, эти торфяники склонов обычно представлены комплексной верховой залежью с пониженной степенью разложения. В более южных районах и, в частности, в Мещерской низменности, они часто выражены шейхцеријевыми верховыми залежами, степень разложения которых значительно выше. Почти вся толща залежи здесь сложена шейхцеријевым верховым торфом. На участках сравнительно неглубоких этот торф идет почти до дна. В местах же более глубоких под ним прослеживается иногда пограничный горизонт, который глубже сменяется переходными торфами, а затем низинными, топяными - в наиболее глубоких понижениях, лесными - на участках, примыкающих к прибрежной полосе.

Водораздельные торфяники района обычно приурочены к озерным впадинам. И так как воды этих озер в силу местных условий, как правило, не

отличаются большой минерализацией, участки залежи, непосредственно примыкающие к озерам, обычно являются верховыми. Широкие зоны, окаймляющие верховую часть месторождения, представлены низинными видами строения. Низинные участки представлены, главным, образом, осоково-топяной залежью. Эта залежь охватывает основные, наиболее глубокие части месторождений. Краевые зоны, а также участки менее глубокие, находящиеся в середине торфяников, представлены лесными или топяно-лесными залежами. В верховых частях преобладает медиум-залежь; лишь в местах выклинивания торфяного пласта чаще наблюдаются пушицевые участки, да в зонах, непосредственно примыкающих к озерам среди торфяников, встречается комплексная верховая залежь. Следует отметить, что описываемый район характеризуется многочисленными, в том числе весьма крупными, торфяными месторождениями. По запасам торфа этот район занимает первое место в области. Преобладание бедных песчанистых грунтов и сильно оподзоленных почв обусловило образование верховых и малозольных низинных торфяников. Низинные торфяники в районе преобладают как по площади, так и по запасам. Сложены низинные залежи осоково-топяным торфом, преимущественно малозольным (зольность 6-10%). Верховые торфяники и участки составляют 25% по площади и 32% по запасам. Представлены они медиум, комплексной и пушицевой залежами средней и высокой степени разложения [3,15,23,56,60,88,128,146,154, 187,188].

2.2 Моделирование процессов самовозгорания торфяных почв

Процесс зажигания происходит при более жестких условиях теплоотвода, чем при самовозгорании, поэтому для зажигания необходимы более высокие температуры по сравнению с самовозгоранием. В системе процессов самовозгорания, зажигания и тления сначала возникает самовозгорание, а затем зажигание и тление, без учета антропогенных факторов таких как: костры, окурки,

искры от механизмов, которые являются сферой культуры населения и профилактической работой лесной и пожарной госслужб. Возникновение процессов зажигания и тления от естественных природных факторов, например солнечное излучение, вторично по сравнению с самовозгоранием, поэтому при возникновении возможности самовозгорания может наступить как зажигание, так и тление.

Процесс самовозгорания твёрдых дисперсных, пористых и волокнистых органических материалов происходит при окислении их атмосферным воздухом. Процессы окисления экзотермичны, что приводит к накоплению избыточного количества тепла в органических материалах. При самовозгорании окислительные процессы самоускоряются. Различают три вида самовозгорания:

- Если самоускорение вызывается накоплением теплоты в реагирующей массе, то такой механизм самовозгорания называется тепловым;
- Если самоускорение вызывается преимущественным накоплением промежуточных активных продуктов реакции (радикалов, атомов, активных молекул), то самовозгорание называется автокаталитическим или цепным;
- Тепловое самовозгорание на начальной стадии может ускоряться тепловыделением от жизнедеятельности микроорганизмов, а также окислением при участии ферментов. Такой вид самовозгорания следует называть тепловым с биохимической стадией самонагревания.

В результате химической и энергетической неоднородности склонность к самовозгоранию одних и тех же материалов неодинакова и характеризуется различными значениями кинетических параметров. Такими свойствами обладает торф. Окислительные процессы экзотермичны, поэтому они ведут к самонагреванию окисляющегося материала. Как только температура самонагревающейся массы превысит температуру окружающей среды, начинается процесс охлаждения. При самонагревании органического материала процесс теплоотвода, в частности его интенсивность, зависит в большей степени от его геометрических размеров и форм, коэффициента теплообмена с окружающей

средой и ее условиями, такими как температура, влажность и т.д. Вант-Гофф [34] заложил основы современных научных представлений о тепловом самовоспламенении. Он указывал, что самовоспламенение определяется не резким увеличением скорости тепловыделения при температуре самовоспламенения, а дисбалансом (в направлении тепловыделения) между теплоприходом и теплоотводом $V_1 > V_2$, рисунок 9.

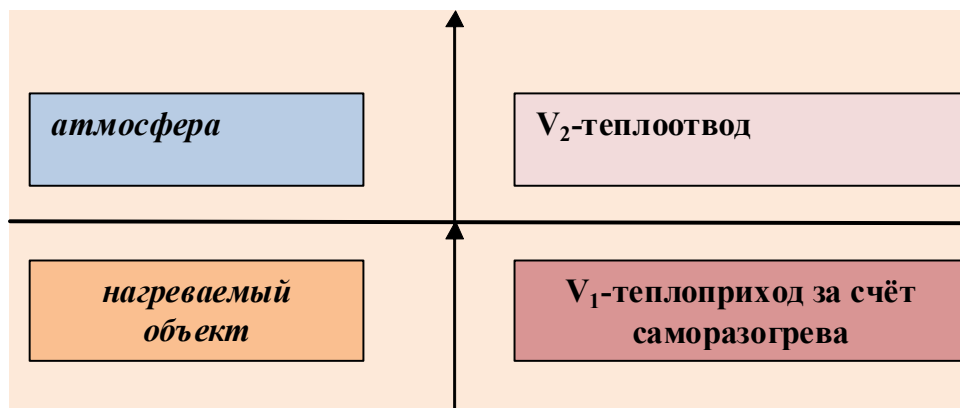


Рисунок 9 – Тепловой баланс поверхности нагреваемого объекта

Однако количественного определения условий теплового самовоспламенения Вант-Гофф не дал. Первым эту задачу решил отечественный ученый, лауреат Нобелевской премии, академик Н.Н.Семенов [217], который принял источники тепловыделения ускоряющимися с температурой по закону Аррениуса, а теплоотвод - пропорциональным избыточной температуре ΔT , которая обусловлена саморазогревом. В данной модели критическая температура самовоспламенения соответствует предельному равенству скоростей тепловыделения и отвода. Выше этой температуры наблюдается изменение разбаланса в сторону тепловыделения, что и ведет к горению. Важнейшим из теории Семенова является вывод о том, что температура самовоспламенения не является константой. Недостаток модели Семенова состоял в том, что температура во всей реагирующей массе горючего вещества (смеси) им принималась одинаковой.

Этот недостаток первым выявил и устранил отечественный ученый Д. А. Франк-Каменецкий [243]. В физической модели Франка-Каменецкого

температурное поле саморазогревающейся массы принимается таким, какое оно есть на самом деле, но температура на поверхности реакционной массы (или реакционного сосуда) принимается равной температуре окружающей среды.

Это возможно при бесконечно большом коэффициенте теплоотдачи, а, точнее, большом значении критерия Био (Bio). Задачу теплового самовоспламенения при естественных условиях охлаждения впервые решили отечественные ученые В.В. Барзыкин и А.Г. Мержанов [22]. Практически одновременно эту же задачу аналитически решил английский ученый Х.Томас [290] и получил близкие результаты. Франк-Каменецкий и его последователи (Мержанов и др.) аррениусовскую зависимость заменяют геометрической прогрессией (точнее, рядом Франк-Каменецкого). Это вносит определенные ограничения на область применения полученных формул, описывающих условия самовоспламенения. Они имеют заметную погрешность при небольших значениях энергии активации.

Исследования учёных ВНИИПО Борисова, Кондратьева, Удилова [26,125120,], а также английского ученого Томаса [290] и японских - Кинбарры и Акиты [275] показали, что с математической точки зрения самовозгорание и самовоспламенение, аналогичные явления. Однако процесс самовозгорания может характеризоваться небольшой энергией активации и, как результат, большими критическими разогревами. Поэтому применительно к самовозгоранию теория Франк-Каменецкого оказалась недостаточной.

В основу дальнейшего развития модели теплового самовозгорания Киселёвым была положена гипотеза о подобии стационарного температурного поля тела при самонагревании и поля инертного тела при охлаждении его в стадии регулярного теплового режима первого рода [120]. В этом случае уравнение Фурье (уравнение в частных производных второго порядка) с внутренними источниками тепла заменяется более простым уравнением первого порядка с линейным членом теплоотвода. Путем решения этого уравнения были получены формулы, описывающие критические условия самовозгорания, подтвержденные практикой и хорошо согласующиеся с формулами, полученными

в теории теплового самовоспламенения Н. Н. Семеновым, Д. А. Франк-Каменецким, В. В. Барзыкиным и А. Г. Мержановым, английского ученого Томаса, японских исследователей Кинбарра и Акита, а также с эмпирическими формулами исследователей ВНИИПО (С.И. Таубкина, А.Н. Баратова, В.Т. Монахова).

Горение относится к явно выраженным нелинейным явлениям. Небольшие возмущения, внесенные в процесс горения, приводят к его существенным изменениям. Это связано с тем, что скорость тепловыделения с ростом температуры увеличивается экспоненциально и прямо пропорционально отводу теплоты. В результате наложения этих процессов возникают критические условия, при которых скорости тепловыделения и теплоотвода становятся равными.

При температурах ниже критического порога процессы саморазогрева протекают довольно медленно и не влекут за собой опасности возгорания. При температурах выше критических из-за интенсивного самоускорения процесса тепловыделения и дисбаланса скоростей тепловыделения и теплоотвода процесс саморазогрева начинает ускоряться, что приводит к процессу горения.

Скорость распространения горения объекта зависит от плотности материала, из которого состоит исследуемый объект. Данная скорость горения в форме пламенного горения или тления может быть представлена формулой Я.С.Киселёва:

$$U_N = \frac{n \cdot a \cdot c_p \cdot \rho \cdot P_+(T)}{\psi \cdot \alpha \cdot \Delta T_3} \quad (1)$$

где n – относительный температурный градиент:

a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

c_p – удельная теплоёмкость, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

ρ – плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

$P_+(T)$ – адиабатическая скорость самонагревания в зоне горения (или тления), $\text{К} \cdot \text{с}^{-1}$;

ψ – критерий неравномерности нагрева;

α – коэффициент теплоотдачи от зоны горения с тыльной стороны;

ΔT_3 – разность температур зажигания T_3 и окружающей среды T_H .

Произведение $Q(T) = c_p \cdot \rho \cdot P_+(T)$ – является объемной скоростью тепловыделения в зоне горения (или тления), а выражение, стоящее в знаменателе предыдущей формулы – тепловым потоком от зоны горения в окружающую среду. Из данной формулы следует, что линейная скорость распространения горения определяется скоростью тепловыделения в зоне горения, градиентом температуры, температуропроводностью и тепловым потоком от зоны горения.

Как было показано американскими исследователями, изучавшими тление целлюлозных стержней в кислородосодержащих газах, скорость тления практически пропорциональна концентрации кислорода. При изменении концентрации кислорода от 21 до 96% наблюдаемая ими линейная скорость тления возрастала примерно в три раза [120]. Для возникновения самораспространяющегося горения необходимо, чтобы при поджигании сформировалась самораспространяющаяся волна горения. Время поджигания τ можно оценить по формуле:

$$\tau = \frac{L_{\text{ПР}} + \delta_{\text{Г}}}{U_{\text{Н}}} \quad (2)$$

где:

$L_{\text{ПР}}$ – ширина зоны прогрева;

$\delta_{\text{Г}}$ – ширина зоны горения;

$U_{\text{Н}}$ – нормальная скорость распространения горения.

Длина волны горения парогазовых смесей составляет доли миллиметра, а длина волны тления различных материалов – около сантиметра. Процессы возникновения и распространения горения определяются не только химическими свойствами горючих веществ, но и их физическим состоянием. При этом горение возникает и развивается только при определенных физических условиях. Поэтому понятие «источника зажигания», как инициатора горения, без учёта физических

условий возникновения и развития горения является недостаточным для характеристики его зажигающей способности. Отсюда следует, что существующий пожарный треугольник (горючее вещество + окислитель + «источник зажигания») является недостаточной базой, на которой может строиться система предупреждения пожаров. При этом для профилактики пожаров знание теплофизических условий возникновения горения является более важным, чем инициатора горения.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что чем меньше плотность среды, тем короче длина волны горения и в ней содержится больше окислителя, в результате чего скорость распространения горения в ней значительно выше. Применительно к торфяным почвам можно сделать следующее заключение, что при иссушении верхнего слоя торфяной почвы происходит его разуплотнение и, как следствие, обогащение кислородом в результате понижения уровня грунтовых вод, что приводит к более быстрому формированию самораспространяющейся волны горения и уменьшению времени зажигания верхнего слоя торфяной почвы, что подтверждается приведенными выше экспериментальными исследованиями автора. Рассмотрим существующие теплофизические модели самопроизвольного возникновения горения.

Первую модель самовоспламенения разработал Н.Н.Семёнов [217]. В построении модели Н.Н.Семёнов использовал следующие принципы:

- Идею Вант-Гоффа о разбаланса тепловыделения и теплоотвода.
- Закон Аррениуса о температурной зависимости константы скорости реакции.
- Закон Ньютона о теплоотводе.

Используя закон Аррениуса, температурную зависимость скорости тепловыделения Q'_+ можно описать следующим уравнением:

$$Q'_+ = Q \cdot c^{\nu} \cdot K_0 \cdot e^{-E/R \cdot T} \quad (3)$$

где Q – тепловой коэффициент реакции, Дж/моль:

c – концентрация недостающего компонента;

ν – порядок реакции;

K_0 —предэкспонент константы скорости реакции;

E —энергия активации, Дж/моль;

R —универсальная газовая постоянная, Дж/(моль/К);

T —температура, К.

При решении задач на самовоспламенение закон Аррениуса используют в следующем виде:

$$Q \cdot c^v \cdot K_0 = Q \cdot Z \quad (4)$$

где Z —новый предэкспотенциальный множитель, моль/(м³ · с).

Исходя из приведённых уравнений скорость тепловыделения $Q'_+ = 0$ только при $T = 0$.

По закону Ньютона скорость теплоотвода записывается следующим образом:

$$Q'_- = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_F \quad (5)$$

где:

α —коэффициент теплоотдачи от поверхности тела к окружающей среде, Вт/(м² · К);

F —площадь поверхности, м².

По закону Ньютона скорость теплоотвода пропорциональна разности температур ΔT_F и линейна, что показано на графике, рисунок 11.

Опустим дальнейший вывод и запишем модель Н.Н.Семёнова в конечном виде:

$$\frac{E}{R \cdot T_B^2} \cdot \frac{Q \cdot Z}{c_p \cdot \rho} \cdot e^{-E/R T_B} = \frac{\alpha \cdot F}{c_p \cdot \rho \cdot V} \quad (6)$$

где:

T_B —критическая температура самовоспламенения вещества.

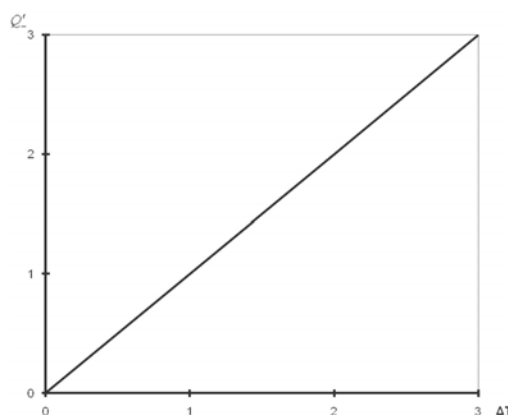


Рисунок 10 – График зависимости охлаждения от разности температур

Левая часть данного уравнения характеризует темп самонагрева вещества m_c при критической температуре самовоспламенения T_B . Правая часть уравнения описывает темп охлаждения m_{ox} . Данная модель Н.Н.Семёнова характеризует критические условия самовоспламенения, которые кратко можно записать в виде:

$$m_c = m_{ox} \quad (7)$$

Другая модель была предложена Д.А. Франк-Каменецким и доработана Д.А. Мержановым и В.В. Барзыкиным [243,22].

Условия теплового самовоспламенения в математической модели записываются в виде неравенства:

$$\frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot \frac{Q \cdot Z}{\lambda} \cdot R_x^2 \cdot e^{-E/RT_0} \geq \delta_\infty \quad (8)$$

где:

δ_∞ – число Франка-Каменецкого, зависящее от формы сосуда: для плоского сосуда 0,88, для неограниченного цилиндра – 2,0, для сферы – 3,32;

T_0 – критическая температура окружающей среды;

λ – коэффициент теплопроводности;

R_x – определяющий размер тела (при форме цилиндра радиус).

Данная формула точно описывает условия самовоспламенения в сосудах, теплоёмкость которых значительно больше, чем реакционных смесей. Методом Д. А. Франк-Каменецкого ученые А. Г. Мержанов и В. В. Барзыкин аналитически

решили задачу теплового самовоспламенения при естественных условиях теплообмена для неограниченного цилиндра. Эту задачу решил английский ученый Паркс и получил аналогичные результаты.

Паркс показал, что δ_∞ не число, а критерий. Следующую модель предложил учёный Я.С.Киселёв [120]. В случае аррениусовских источников тепловыделения для теплофизического центра горючей среды равенство производных по температуре от членов тепловыделения и теплоотвода записывается:

$$\frac{E \cdot Q \cdot Z}{R \cdot T_c^2 \cdot c_p \cdot \rho} \cdot e^{-E/R \cdot T_c} = \frac{\psi \cdot \alpha \cdot F}{c_p \cdot \rho \cdot V} \quad (9)$$

где Q – тепловой коэффициент реакции, Дж/моль:

Z – предэкспонент, моль/(м³ с);

E – энергия активации, Дж/(моль);

$R = k_B \cdot N$ – универсальная постоянная, равная произведению константы

Больцмана (k_B) и числа Авогадро (N), Дж/(моль К).

Критические условия для температуры T_B сформулированы следующим образом:

$$\frac{E \cdot Q \cdot Z}{R \cdot T_B^2 \cdot c_p \cdot \rho} \cdot e^{-E/R \cdot T_B} = \frac{\psi \cdot \alpha \cdot F}{c_p \cdot \rho \cdot V} \quad (10)$$

При линейности теплоотвода и аррениусовской температурной зависимости скорости тепловыделения критические температуры T_B и T_0 связаны соотношением по математической модели Киселёва:

$$T_0 = T_B - \frac{R \cdot T_B^2}{E} \quad (11)$$

Данная модель Киселёва является наиболее точной по сравнению с математическими моделями Семёнова и Франка-Каменецкого. Киселёв так же уточнил модель Франка-Каменецкого:

$$\frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot \frac{Q \cdot Z}{\lambda} \cdot R_x^2 \cdot e^{-E/R \cdot T_0} \geq \delta_\infty \quad (12)$$

при этом δ_* предлагается определять по следующим формулам:

$$\delta_\infty = B_i \cdot \psi \cdot S_e \cdot i, \quad \delta_\infty = n_\infty \cdot M \cdot S_e \cdot i \quad (13)$$

где:

i – критерий формы, для неограниченных плоскостей – 1, цилиндра – 2 и тела конечной формы – 3.

Может определяться по формуле:

$$i = \frac{F \cdot R_x}{V} \quad (14)$$

где:

B_i – критерий Био, который можно определить по формуле $B_i = \frac{\alpha \cdot R_x}{\lambda}$;

S_e – критерий Семёнова равный $\frac{1}{\tilde{e}}$,

\tilde{e} – это параметр, определяемый при температурах T_B и T_0 ;

M – критерий тепловой инерции, который показывает во сколько раз темп охлаждения при данном B_i меньше, чем при $B_i \rightarrow \infty$, и рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{\alpha \cdot R_x}{\alpha \cdot R_x + n \cdot \lambda} \quad (15)$$

В таблицах 14-16 приводятся численные значения критериев, вычисленные Киселевым и Парксом [119].

Природные материалы, как правило, не однородны и многокомпонентны. Вследствие химической и энергетической неоднородности склонность к самовозгоранию одинаковых материалов характеризуется различными параметрами, и поэтому одни и те же материалы могут иметь различную склонность к самовозгоранию. Такими свойствами обладает торф. Материалы отличаются друг от друга температурой компенсации T_c и адиабатическими скоростями самонагрева при данных температурах. Приведём

последовательность расположения самовозгорающихся материалов по температуре компенсации, T_c указанную Киселёвым [93]: пирофорные отложения ($T_c \approx 293$ К); бурые угли ($T_c \approx 390$ К); торф ($T_c \approx 445$ К); мука из растений и хвои ($T_c \approx 483$ К); измельчённая древесина и хвоя ($T_c \approx 483$ К).

Температуру T_B определяют по литературным данным, экспериментальным способом или вычислить по формуле предложенной Киселёвым:

$$P_o = \frac{E}{R \cdot T_B^2} \cdot C \cdot \exp\left\{-\frac{E}{R \cdot T_B^2}\right\} \quad (16)$$

где:

P_o – темп охлаждения объекта.

Таблица 14 - Численные значения $\delta_{*\infty}$ и n_∞ для различных форм тел при $B_i \rightarrow \infty$ и $E/R \cdot T_0 \rightarrow \infty$ [119]

Критерий	Сфера	Плоскость	Неограниченный цилиндр	Куб	Конечный цилиндр
$\delta_{*\infty}$ по Парксу	3,34	0,88	2,01	2,53	2,78
n_∞ по критическим условиям	3,01	2,38	2,71	2,29	2,50
n_∞ по регулярному режиму	3,29	2,47	2,89	2,47	2,68

Таблица 15 -Критические значения $\delta_{*∞}$ в зависимости от $E/R \cdot T_0$ [119]

$E/R \cdot T_0$	$\tilde{\epsilon}$	Сфера		Плоский слой		Неограничен ый цилиндр		Куб		Конечный цилиндр	
		Кисел ёв	Паркс	Кисе лев	Паркс	Кисе лёв	Паркс	Кисе лёв	Парк с	Кисел ёв	Паркс
5	1,711	5,28	-	1,390	-	3,168	-	3,98	-	4,380	-
10	2,325	3,88	-	1,024	-	2,331	-	2,94	-	3,225	-
15	2,529	3,57	-	0,941	-	2,143	-	2,70	-	2,966	-
20	2,577	3,50	3,51	0,924	0,927	2,103	2,11	2,65	2,68	2,910	2,93
30	2,620	3,45	3,44	0,908	0,911	2,061	2,07	2,61	2,63	2,860	2,88
40	2,637	3,42	3,41	0,903	0,904	2,060	2,05	2,59	2,58	2,840	2,83
50	2,660	3,39	3,38	0,895	0,892	2,040	2,04	2,57	2,58	2,820	2,83
60	2,663	3,39	3,38	0,894	0,891	2,035	2,03	2,56	2,58	2,820	2,83
70	2,668	3,38	3,36	0,893	0,894	2,030	2,02	2,56	2,58	2,810	2,83
80	2,672	3,38	3,35	0,891	0,881	2,028	2,01	2,56	2,58	2,810	2,83
90	2,678	3,37	3,35	0,881	0,880	2,020	2,01	2,55	2,53	2,800	2,78
100	2,682	3,36	3,34	0,881	0,880	2,020	2,01	2,55	2,53	2,796	2,78

Индукционный период до самовозгорания можно определить по формуле
Тодеса и Киселёва:

$$\tau_i = \frac{R \cdot T_H^2}{E \cdot C} \cdot \exp \left\{ \frac{E}{R \cdot T_H} \right\} \quad (17)$$

где:

T_H —начальная температура расчёта, К.

Тепловое самовозгорание, как правило, происходит при следующих условиях:

- скорость самонагревания \geq скорости охлаждения;
- темп самонагревания \geq темпа охлаждения.

Таблица 16 -Зависимость $\delta_{*\infty}(B_i)$ для неограниченного цилиндра [119]

№	B_i	$\delta_{*\infty}(B_i)$	
		Мержанов	Киселёв
1	0,01	$7,339 \cdot 10^{-3}$	$7,35 \cdot 10^{-3}$
2	0,05	$3,633 \cdot 10^{-2}$	$3,62 \cdot 10^{-2}$
3	0,1	$7,176 \cdot 10^{-2}$	$7,12 \cdot 10^{-2}$
4	0,2	0,139	0,137
5	0,3	0,205	0,199
6	0,4	0,266	0,257
7	0,5	0,325	0,312
8	0,6	0,380	0,363
9	0,7	0,433	0,411
10	0,8	0,483	0,456
11	0,9	0,531	0,499
12	1	0,576	0,54
13	2	1,430	1,30
14	10	1,654	1,57
15	15	1,758	1,69
16	20	1,814	1,76
17	40	1,904	1,87
18	60	1,935	1,91
19	80	1,951	1,93
20	100	1,961	1,95
21	200	1,980	1,97
22	500	1,992	1,99

Темп охлаждения пропорционален отношению площади внешней поверхности залежи объекта F к его объёму V . Поэтому чем больше это отношение, тем больше темп охлаждения и тем интенсивнее теплоотвод. Данное

отношение возрастает с уменьшением объёма и с возрастанием поверхности охлаждения. Поэтому при увеличении объёма материала критическая температура самовозгорания уменьшается. Критическую температуру окружающей среды T_0 приближённо можно оценить по формуле Киселёва:

$$T_0 = A \cdot \left(\frac{F}{V} \right)^n \quad (18)$$

где:

A – постоянный коэффициент, который для торфа составляет $3,783 \pm 0,49$ кДж/моль.

Возникновение данного процесса самовозгорания возможно не только при критических значениях T_0 , но и при достижении ряда параметров критических значений. К таким параметрам в условиях торфяных залежей можно отнести:

- достижение критических значений влажности в слое торфяной почвы W , при которых возможно возникновения процессов горения.
- достаточное наличие кислорода в слое торфяной почвы в качестве окислителя.

Критические значения параметров в естественных условиях возникают по причине совпадения ряда природных условий таких как, высокая температура воздуха, низкий уровень грунтовых вод и, как следствие, отсутствие капиллярного подпитывания зоны аэрации торфяной почвы, высокое содержание в ней кислорода, отсутствие выпадения осадков в течение длительного времени во время пожароопасного периода. Влияние данных природных условий учтено в других блоках модели, которые все вместе составляют общую модель прогнозирования возникновения пожара на торфяных залежах. Для не перемешиваемого материала темп охлаждения можно определить по формуле:

$$\Pi_0 = \frac{\psi \cdot \alpha \cdot F}{c_p \cdot \rho \cdot V} \quad (19)$$

$$\psi = \frac{n \cdot \lambda}{\alpha \cdot R_x + n \cdot \lambda} \quad (20)$$

Энергию активации E можно определить по следующим формулам:

$$E = E_0 + C \cdot \ln \theta \quad (21),$$

$$E = E_0 + R \cdot T_x \cdot \ln \theta \quad (22)$$

где:

$T_x = T_c$ – параметр распределения характеристической температуры;

E_0 – максимальное значение активации реакции окисления;

θ – доля переменной поверхности контактирующей с окислителем.

$$E_0 = E' - R \cdot T_x \ln \theta' \quad (23),$$

где:

E' максимальная изокинетическая энергии активации равная 22000 кДж/моль, являющаяся константой;

θ' – минимальная доля поверхности, реагирующая с кислородом, являющаяся экспериментально установленной константой и равная $5,0 \cdot 10^{-11}$.

Таким образом, формулу (23) можно записать в следующем виде:

$$E_0 = 22000 - R \cdot T_x \cdot (-23,712) \quad (24)$$

2.3 Теплофизические параметры возгорания торфяников

Торфяные почвы по своему природному составу и водообеспеченности характеризуются высокой теплоемкостью и высокой теплопроводностью. Снижение уровня грунтовых вод приводит к изменению их теплового режима, что связано с увеличением содержания кислорода. Так как теплопроводность воздуха в двадцать раз меньше, чем у воды, теплопроводность торфяной почвы также снижается. Прогреваемость почвы определяется как количеством поступающего тепла, так и расположением уровня грунтовых вод [89,149]. Почва характеризуется тепловыми свойствами и тепловым режимом, которые зависят от способности почвы преобразовывать лучистую энергию в тепловую, отражая при этом 10-30% лучистой энергии. Величина отражения лучистой энергии, альbedo,

зависит от формы земной поверхности, шероховатости, плотности, вида растительного покрова, абсолютной влажности и цвета поверхности. Помимо основного источника лучистой энергии, в грунт поступает тепло, выделяющееся при экзотермических, физико-химических и биохимических реакциях. Однако эти источники практически не изменяют температуру грунта. Летом в обезвоженной и прогретой почве может повышаться температура за счет теплоты смачивания [190]. Это проявляется при низком увлажнении торфяных почв, которые богаты органическими и минеральными коллоидами.

За счет теплоты смачивания температура торфяных почв может повышаться до 10^0C по причине физико-химического взаимодействия минеральных части с водой. Нагрев поверхности торфа так же зависит от экспозиции и уклона поверхности.

В умеренных широтах почвы южных склонов теплее северных. Количество тепла, получаемое поверхностью Земли, убывает от экватора к полюсу.

Теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность являются характеристиками теплового режима почв. Теплопроводность минеральной части торфяной почвы значительно превышает теплопроводность воды и атмосферного воздуха, и выражается количеством теплоты в калориях, проходящей в секунду через сечение, поперечное в 1 см^2 через слой 1 см при градиенте температуры между двумя поверхностями в 1^0C . Воздушно-сухая почва имеет меньшую теплопроводность, чем влажная, что объясняется большим тепловым контактом между частицами почвы, удерживаемыми вместе водными оболочками. Вода охлаждает торф, когда она неподвижна. Движущаяся вода переносит тепло через горизонты почвы. Увеличение объемной плотности торфяной почвы приводит к увеличению теплопроводности за счет уменьшения в ней содержания воздуха, который является меньшим проводником тепла, чем минеральная часть [190]. Рассмотрим теплофизические процессы, приводящие к возникновению самовозгорания в торфяных почвах при совпадении ряда природных факторов, основными из которых являются:

- 1) высокая температура воздуха;

- 2) низкое залегание уровня грунтовых вод;
- 3) малое количество осадков.

Самовозгоранием называется явление «самопроизвольного» возникновения тления и горения дисперсного и пористого твердого материала или жидкости, которой пропитан твердый материал. Самовозгорание может, заканчивается тлением или проходит через данную стадию. Под самовоспламенением понимают подобное явление, происходящее в среде парогазовых или конденсированных взрывчатых веществ без стадии тления. Воспламенение - явление горения нагретых до высоких температур внешних тел, сопровождающееся появлением волны огненного горения или тления.

Разделение режимов воспламенения на самовозгорание и зажигание условно, так как внешний нагрев способствует и тому, и другому.

Принципиальное отличие первого режима от второго состоит в том, что при самовозгорании первоначальный очаг горения возникает внутри скопления горючего материала (горючей среды) и процесс сопровождается прогрессивным разогревом всей массы. При зажигании очаг горения появляется вблизи места воздействия тела, нагретого до высокой температуры, и процесс сопровождается возникновением волны горения или тления.

Отличие теплового самовоспламенения от самовозгорания состоит в том, что при самовоспламенении температурные зависимости скорости тепловыделения характеризуются энергиями активации (100–200 кДж/моль). Поэтому при комнатной температуре окислительные процессы в газах протекают с очень низкой скоростью и опасность термического самовоспламенения парогазовых смесей отсутствует.

Грубая оценка риска термического самовоспламенения дается стандартной температурой самовоспламенения. В отличие от самовоспламенения самовозгорание может происходить при комнатной температуре [26, 27, 36, 119 и др.]. Горение различных веществ и материалов в воздушной атмосфере обусловлено окислительными процессами. Сами эти процессы обусловлены электронными переходами. Молекула кислорода представляет собой

долгоживущий радикал с двумя ненасыщенными валентными связями. Многие порошкообразные материалы представляют собой долгоживущие полирадикалы. Они содержат большое количество неспаренных электронов, которые могут образовывать прочные пары (вступать в химическое взаимодействие) с электронами кислорода. Чтобы неспаренные электроны кислорода (акцептора) соединились с электронами окисляемого вещества (донора), необходимо преодолеть энергетический барьер активации. Энергия, затрачиваемая на преодоление этого барьера одним молем вещества, называется энергией активации. Его единицей измерения в системе СИ является джоуль, деленный на один моль (Дж/моль).

При окислении газообразных веществ и твердых материалов энергетический активационный барьер преодолевается с использованием различных механизмов. В газофазной системе энергетический активационный барьер (АЕ) преодолевается за счет энергии столкновений молекул. В реакцию вступают только те молекулы, энергия теплового движения которых больше энергии активации. Согласно распределению Максвелла и Больцмана, доля этих молекул в общем числе экспоненциально возрастает с ростом температуры. Поэтому по закону С. Аррениуса скорость химической реакции с повышением температуры также возрастает по экспоненте. Для газофазных реакций окисления энергия активации всего процесса, в среднем составляет от 100 до 200 кДж/моль.

По другому механизму окисляются твердые материалы. Окисление поверхности твердых материалов, в том числе органических, протекает в две стадии. При первой стадии на поверхности твердого материала происходит сорбция молекул кислорода. На второй стадии, валентные электроны кислорода образуют с электронами материала химические связи, происходит спаривание электронов с антипараллельными спинами донора и акцептора, при этом им нужно преодолеть активационный барьер. Валентные электроны окисляемого материала находятся по отношению к кислороду, сорбированному на его поверхности, как бы в потенциальной яме и распределены по уровням энергии по экспоненциальному закону.

Параметром распределения является среда нагретым телом (воздухом) или излучением, температуры, которых должны быть не ниже T_c . Время действия должно быть таковым, чтобы сформировалась волна горения. Если температура воздуха окажется ниже температуры зажигания, то горение может возникнуть в режиме самовозгорания. При самовозгорании процесс горения возникает при определённом соотношении интенсивности теплоотвода и тепловыделения [12,49,131,138,150 и др.]. Зажигание может происходить при более высоких температурах, по сравнению с самовозгоранием, поскольку протекает при более жестких условиях теплоотвода. Тление является разновидностью самораспространяющегося горения. От пламенного горения оно отличается низкой скоростью распространения и повышенной устойчивостью. Тление протекает в диффузионном режиме горения. В случае притока в зону тления окислителя скорость тления возрастает, и оно может переходить в стадию пламенного горения. Волна тления в обезвоженном материале распространяется также как и волна горения. Волна тления характеризуется следующими параметрами: линейная скорость распространения тления U_n ; размер зоны тления $\delta_{тл}$; размер зоны прогрева $L_{пр}$; начальная температура тления T_z ; максимальная температура в зоне тления T_c . Самопроизвольное распространение тления в среде тлеющего материала поддерживается благодаря тому, что от зоны тления к её границе с подогреваемой средой подводится теплота, мощностью N , достаточной для нагревания горючей среды (проходящей через единицу фронтальной поверхности в единицу времени) от начальной температуры T_n до температуры зажигания T_z , вызывающей тление. Коэффициент температуропроводности у сыпучих и волокнистых материалов составляет около 10^{-7} м²/с, у газов - 10^4 м²/с. Скорость невзрывного распространения горения в газах $\approx 0,5$ м/с, а тления $\approx 0,5$ см/мин [64, 95,96,163 и др.]. Для торфа по литературным данным [120] ширина зоны горения составляет примерно 2 см. Температура зажигания T_z , вызывающая тление достаточно низка. Критическая температура зажигания обезвоженного

торфа составляет менее 200 °С. В результате низкой температуры зажигания, торф может загораться в сухую летнюю погоду от искры, окурков, выхлопных систем машин или иных источников. В залежах торфа, как правило, происходит самозаглубление тления с последующим скрытым распространением горения, а при выходе на поверхность возникает пламенное горение [120,164].

2.4 Выводы по главе

1. Торфяные почвы характеризуются в естественном сложении и водном питании высокой теплоёмкостью и высокой теплопроводностью. Понижение уровня грунтовых вод приводит к изменению их теплового режима, что связано с увеличением воздушной фазы почвы.

2. Горение торфа относится к нелинейным явлениям. С повышением температуры скорость тепловыделения растёт в геометрической прогрессии, а теплоотвод, в свою очередь, изменяется по прямой пропорциональности. В результате этих процессов скорости теплоотвода и тепловыделения становятся равными и возникают критические условия для самовозгорания и вынужденного зажигания торфа.

3. Для того чтобы вызвать горение, необходимо воздействовать на горючую среду нагретым телом (воздухом) или излучением, температурой. Время действия должно быть таким, чтобы сформировалась волна горения. Если температура воздуха окажется ниже температуры зажигания, то горение может возникнуть в режиме самовозгорания.

4. При самовозгорании процесс горения возникает при определённом соотношении интенсивности теплоотвода и тепловыделения.

5. Возникновение процессов зажигания и тления от естественных природных факторов, например солнечное излучение, вторично по сравнению с самовозгоранием, поэтому при возникновении возможности самовозгорания может наступить как зажигание, так и тление.

6. Тление является разновидностью самораспространяющегося горения. От пламенного горения оно отличается низкой скоростью распространения и повышенной устойчивостью. Тление протекает в диффузионном режиме горения. В случае притока в зону тления окислителя скорость тления возрастает, и оно может переходить в стадию пламенного горения. Волна тления в обезвоженном материале распространяется также как и волна горения.

7. Чем меньше плотность среды, тем короче длина волны горения и в ней содержится больше окислителя, в результате чего скорость распространения горения в ней значительно выше. Применительно к торфяным почвам можно сделать заключение, что при высыхании верхнего слоя торфяной почвы происходит ее разуплотнение и, как следствие, обогащение кислородом за счет понижения уровня грунтовых вод, что приводит к более быстрому образованию самораспространяющейся волны горения и уменьшение времени воспламенения верхнего слоя торфяного грунта.

8. Критические значения параметров воспламенения торфа в естественных условиях обусловлены совпадением ряда природных условий, таких как высокая температура воздуха, низкий уровень грунтовых вод и, как следствие, отсутствие капиллярной подпитки зоны аэрации торфяной почвы, высоким содержанием в нем кислорода и отсутствием осадков в течение длительного времени в пожароопасный период.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОЗГОРАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

3.1 Методика лабораторных исследований теплофизических процессов возгорания торфа

Горение относится к нелинейным явлениям. Скорость тепловыделения с повышением температуры растёт в геометрической прогрессии, а теплоотвод по прямой пропорциональности. С повышением температуры скорость тепловыделения растёт в геометрической прогрессии, а теплоотвод, в свою очередь, изменяется по прямой пропорциональности. В результате этих процессов скорости теплоотвода и тепловыделения становятся равными и возникают критические условия. При температурах ниже критических процессы самонагрева протекают медленно и не представляют собой опасности. При температурах выше критических за счёт самоускорения процесса и разных скоростей теплоотвода и тепловыделения происходит ускорение саморазогрева, что влечет за собой возникновение горения [11,22,30,48,63,151,167 и др.].

В процессе саморазогрева теплота от тела передаётся окружающей среде через поверхность площадью F , м². Через эту поверхность в единицу времени отводится количество теплоты Q' , которое экспериментально было получено И.Ньютоном и записывается в виде уравнения:

$$Q' = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_F \quad (25)$$

где:

α – коэффициент пропорциональности, он же коэффициент теплоотдачи Вт м⁻² К⁻¹;

ΔT_F – разность температур окружающей среды и тела.

Данное уравнение, описывающее теплоотвод, является линейным.

При отводе тепла от тела в окружающую среду оно будет охлаждаться. Данный процесс при линейном законе охлаждения описывается уравнением

скорости охлаждения:

$$P' = \frac{\Delta T_F}{\Delta \tau} \quad (35),$$

где:

P' – скорость охлаждения к с^{-1} ;

$\Delta \tau$ – отрезок времени.

Фактическая скорость охлаждения P' в любой момент времени может определяться через производную:

$$P' = \lim_{\Delta \tau \rightarrow 0} \frac{\partial T'}{\partial \tau} \quad (26)$$

По Я.С.Киселёву скорость охлаждения можно записать в виде:

$$P' = \frac{\alpha \cdot F}{c_\rho \cdot \rho \cdot V} \quad (27)$$

где:

c_ρ – удельная теплоёмкость, Дж/(Кл · К);

ρ – плотность материала, кг/м³;

V – объём, м³.

Линейный темп охлаждения - величина постоянная и выражается уравнением [94]:

$$m_{ox} = \frac{\alpha \cdot F}{c_\rho \cdot \rho \cdot V} \quad (28)$$

В естественных условиях точки тела охлаждаются с неодинаковыми скоростями, и неравномерность процесса учитывают с помощью критерия неравномерности нагрева, тогда скорость охлаждения и темп охлаждения запишутся в виде:

$$P' = \frac{\psi \cdot \alpha \cdot F}{c_\rho \cdot \rho \cdot V} \cdot \Delta T \quad (29)$$

$$m_{ox} = \frac{\alpha \cdot F}{c_\rho \cdot \rho \cdot V} \cdot \psi \quad (30)$$

Критерий неравномерности нагрева определяется, экспериментально по

зависимости:

$$\psi = \frac{\Delta T_F}{\Delta T_{Ц}} \quad (31)$$

где:

$\Delta T_{Ц}$ – разность между температурой теплофизического центра нагреваемого материала и окружающей среды $T_{Ц} - T_{ОКР}$.

Приведённые выше зависимости направлены в основном на решение задач по тепловому самовозгоранию материалов при их хранении, переработке и производству.

В данной работе одной из основных целей является построение математической модели самовозгорания торфа в природных условиях, которые отличаются от искусственных целым рядом факторов, называемых природно-климатическими. Данные факторы могут быть учтены через модель изменения влажности торфяных почв на основе водобалансовой модели передвижения влаги в почве, учёта гидротермических характеристик рассматриваемой территории, а так же изменения водно-физических и теплофизических свойств торфяных почв под влиянием выше перечисленных факторов и характеристик. В частности представляет интерес изменение температуры самовозгорания материала и критерия неравномерности нагрева при изменении объёмного веса и влажности исследуемого образца.

Целью проведения экспериментальных исследований являлось определение склонности к самовозгоранию торфяных образцов при различной их плотности, и влажности. В процессе проведения ряда опытов определялись такие характеристики, как:

- 1) время, через которое происходило самовозгорание образцов торфа в зависимости от насыщенности их влагой;
- 2) влияние различного объёмного веса образцов на время возникновения эффекта самовозгорания;
- 3) изменение критерия неравномерности нагрева ψ в зависимости от различного

объёмного веса образцов.

При экспериментальных исследованиях повторяемость опытов была трехкратная [27].

Абсолютная влажность образцов торфа определялась по известной формуле в процентах от массы абсолютно сухой почвы [33]:

$$W = \frac{a}{P_c} \cdot 100 \quad (32)$$

где:

W – содержание влаги от массы абсолютно сухой почвы, %;

a – количество воды в образце, определённое экспериментально;

P_c – масса абсолютно сухой почвы.

Вычисление массы абсолютно сухой почвы P_c при известной абсолютной влажности W производилось по формуле:

$$P_c = \frac{100 \cdot P_B}{100 + W}, \quad (33)$$

где:

P_B – навеска влажной почвы.

В связи с тем, что выпадающие осадки и поливные и оросительные нормы измеряются в миллиметрах водного столба, содержание влаги в почве в некоторых случаях удобно выразить этих же единицах по формуле:

$$W' = \frac{W \cdot h \cdot d_v \cdot 10}{100} \quad (34)$$

где:

W' – влажность почвы, мм в слое почве;

h – слой почвы, см;

d_v – плотность скелета почвы.

Влажность образцов торфа определялась по методу горячей сушки, который заключался в следующем. В сушильный стаканчик с известной массой помещают пробы и предварительно взвешивают. При проведении исследований для этого

использовались весы марки ВЛТК-500. Кроме того, согласно рекомендациям по определению влажности образцы были высушены в сушильном шкафу марки СНОЛ-3,5 при температуре 100°C в течение 8 часов и взвешены. Расчеты производились следующим образом: количество воды во взятых пробах определяли по разнице масс до и после сушки. Далее по приведённым выше формулам определялось содержание влаги.

Под плотностью скелета почвы понимается отношение массы сухой почвы к единице объема, которая рассчитывается по формуле:

$$d_v = \frac{P}{V} \quad (35)$$

где:

P – масса сухой почвы в определённом объёме;

V – объём почвы.

Плотность скелета почвы является одной из важнейших характеристик почвы оказывающей влияние на ее водный, воздушный и тепловой режимы. При исследованиях процесса самовозгорания предварительно отобранных торфяных образцов была использована методика для экспериментального определения условий теплового самовозгорания по рекомендациям ВНИИПО [172]. Для выполнения программы экспериментальных исследований использовались следующие лабораторное оборудование: сушильный шкаф марки СНОЛ-3,5 с внутренним объёмом сушильной камеры 40 литров и возможностью регулирования температуры воздуха статированной в нем в диапазоне от 0 до 350°C; контейнер цилиндрической формы К-30 из латунной сетки №8 с высотой и диаметром 30 мм; термопары ТПК 011-0,5/1,5 с диаметрами электродов 0,5 мм диапазоном измерения температур -40...+800°C; ртутные термометры с рабочим диапазоном измерения от 0 до 350°C; измеритель-регистратор марки ИС-203.4 с четырьмя каналами для передачи информации; нормирующие усилители НУ-02; персональный компьютер со специальным программным обеспечением Dispatcher 203 и Techno Graphics. Испытуемые торфяные образцы загружались в специальный контейнер К-30, температура в сушильной камере контролировалась

в трех различных точках термопарами. Контроль температуры в сушильном шкафу дублировался ртутным термометром. Запись данных полученных с термопар производилась измерителем-регистратором ИС-203.4, через усилители НУ-02 (необходимые для усиления сигналов поступающих с термопар), с диапазоном рабочих температур $0...900^{\circ}\text{C}$ и выходным сигналом в виде постоянного тока $4...20$ мА. Далее данные через разъем RS-485 передавались на персональный компьютер, где обрабатывались программами Dispatcher 203 и Techno Graphics, и выводились в графическом и табличном виде. Перед опытом контейнеры заполнялись испытуемым материалом, после чего проводилось их взвешивание. Масса пустого контейнера определялась непосредственно перед загрузкой. Определялась плотность скелета торфяной почвы в контейнере d_v , которая зависела от плотности набивки контейнера. После заполнения контейнеров тщательно выравнивалась поверхность, размеры контейнера уточнялись штангельциркулем с точностью до $0,5$ мм. По данным измерений вычислялась удельная поверхность образцов S по следующей формуле:

$$S = \frac{F}{V} \quad (36)$$

где:

S – удельная поверхность образца;

F – полная наружная поверхность тела, м^2 ;

V – объем тела, м^3 .

Далее проверялось состояние и чистота сушильного шкафа, и затем он нагревался до заданной испытательной температуры. Термопары располагались следующим образом: термопара №1 располагалась в центре контейнера, термопара №2 помещалась вдоль боковой стороны контейнера между испытуемым материалом и стенкой контейнера и термопара №3 устанавливалась непосредственно в сушильном шкафу для обеспечения контроля за температурой. Проводился так же тарировочный опыт: в сушильный шкаф, нагретый до заданной температуры, помещался контейнер с термопарами, в который

загружался негорючий материал в виде прокалённого песка. Контейнер выдерживался в термостате до установления стационарного режима, при котором показания всех трёх термопар в течение 10 минут оставались неизменными.

Поправка Δt_T вычислялась по формуле:

$$\Delta t_T = 0,5 \cdot (t_2 + t_3) - t_1 \quad (37)$$

где:

t_1 —показания центральной термопары №1, °С;

t_2 —показания внешней термопары №2 в контейнере, °С;

t_3 —показание внешней термопары №3 в сушильном шкафу, °С.

После тарировочного опыта сушильный шкаф выдерживался при заданной температуре в течение двух часов и, если показания термопар оставались неизменными, то, не изменяя регулировок, приступали к проведению испытаний. В сушильный шкаф устанавливался контейнер с подготовленным образцом и установленными термопарами. Образец выдерживался до наступления эффекта самовозгорания. Самовозгоранием считалось появление дыма и запаха гари, а также достижения в центре образца температуры тления, что фиксировалось измерителем-регистратором ИС-203.4. Время до самовозгорания определялось с точностью до трёх секунд, так как данные с термопар снимались каждые три секунды и передавались на персональный компьютер для последующей обработки и построения зависимостей в графическом виде с помощью программ Dispatcher 203 и Techno Graphics.

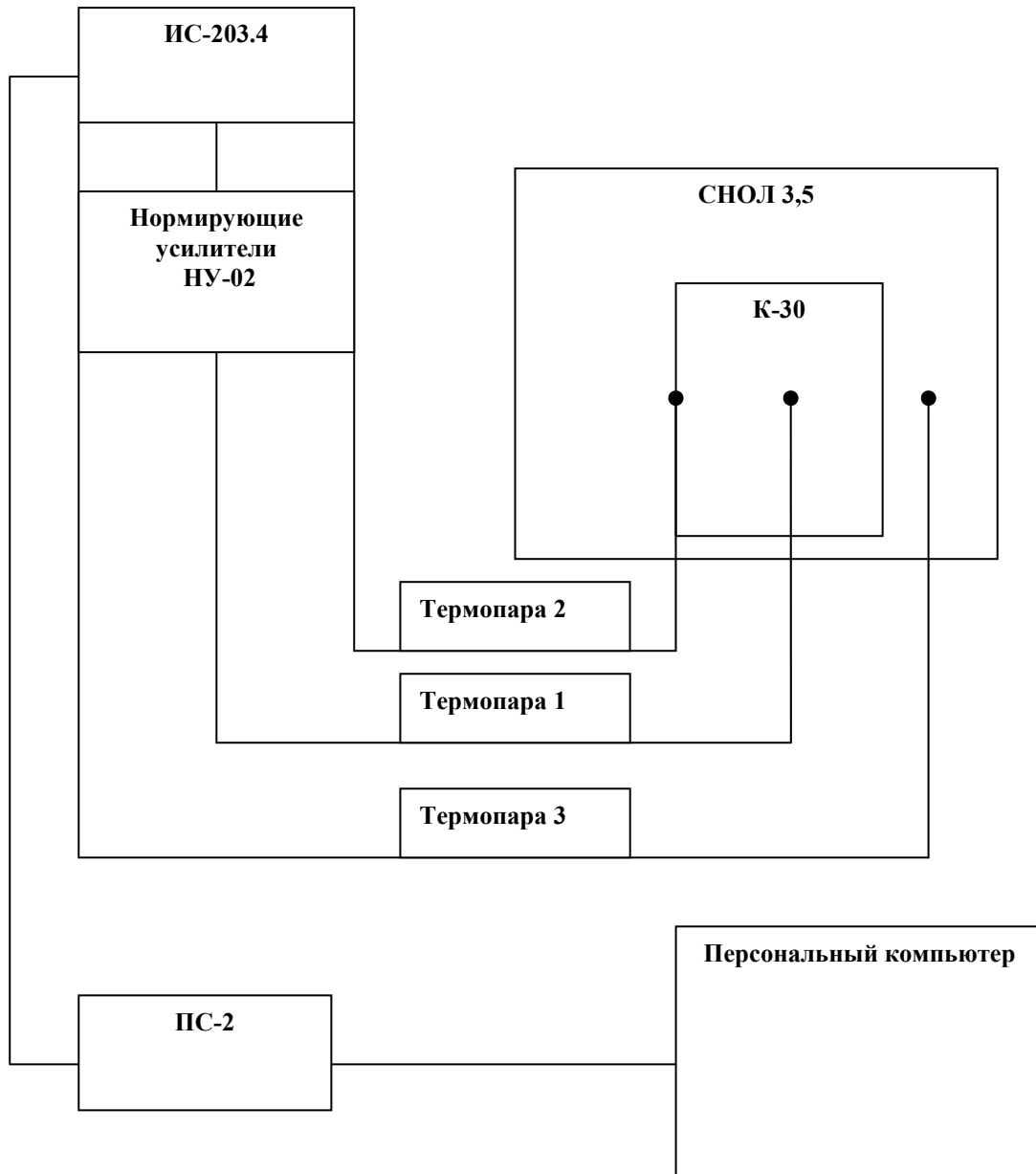


Рисунок 11 – Схема экспериментальной установки



Рисунок 12 – Фото экспериментальной установки

Опыт считался выполненным, если в течение всего времени до самовозгорания температура опыта изменялась не более чем, на $2,5^{\circ}\text{C}$. За опытные температуры принимались показания термопар за вычетом поправки Δt_T , определённой при тарировочном опыте. При наличии периодических колебаний с постоянной амплитудой, показанием термопары считалось среднее между предельными значениями температур, фиксируемых данной термопарой. Были выполнены анализы состава торфа, который использовался для проведения экспериментальных исследований. Образцы для эксперимента отобраны в Можайском районе Московской области, по заключению почвенной лаборатории при РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, представляли собой осоково-пушицевый низинный торф. Подробные результаты анализа торфа представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Результаты химического анализа образцов торфа

Определяемые показатели	Единицы измерения	Результаты исследований	Погрешность Δ	Дополнительный контроль параметров	Соответствие требований НТД	Метод испытаний
Степень разложения	%	Более 50	–	–	соответ.	Метод центральной торфо-болотной опытной станции
Зольность	%	22,17	$\pm 0,80$	–	соответ.	ГОСТ 26714 – 85
pH	ед. pH	6,8	$\pm 0,2$	–	соответ.	ГОСТ 26423 – 85
Валовые формы:						
Железо(Fe)	мг/кг	15110,21	$\pm 60,14$	–	соответ.	ОСТ 10 – 221 – 98
Кальций(Ca)	мг/кг	34,34	$\pm 0,39$	–	соответ.	ОСТ 10 – 221 – 98
Магний(Mg)	мг/кг	1577,41	$\pm 7,43$	–	соответ.	ОСТ 10 – 221 – 98
Калий(K)	мг/кг	5248,21	$\pm 37,47$	–	соответ.	ОСТ 10 – 221 – 98
Натрий(Na)	мг/кг	1289,45	$\pm 16,00$	–	соответ.	ОСТ 10 – 221 – 98
Алюминий(Al)	мг/кг	5030,00	$\pm 14,80$	–	соответ.	ОСТ 10 – 221 – 98
Кремний(Si)	мг/кг	19,50	$\pm 3,59$	–	соответ.	ОСТ 10 – 221 – 98
Общая сера	мг/кг	1,33	$\pm 0,13$	–	соответ.	ОСТ 10 – 221 – 98
Плотность твёрдой фазы	г/см ³	1,37	$\pm 0,14$	–	соответ.	пикнометрический способ
Общий фосфор	%	0,38	$\pm 0,05$	–	соответ.	ГОСТ 26717 – 85

3.2 Результаты экспериментальных исследований самовозгорания торфа при температурах выше критических

Опыт проведен при двух критических температурах воздуха в сушильном шкафу, 210°C и 175°C , в трехкратной повторности. Температуры воздуха выше 100°C принимались критическими. По результатам экспериментальных исследований, методика проведения которых была приведена выше, были получены зависимости, по которым построены графики колебаний температуры в центре и на поверхности исследуемых торфяных образцов, в зависимости от насыпной плотности испытуемого материала. Так же определены интервалы времени от начала эксперимента до самовозгорания образцов торфа в зависимости от насыпной плотности, и интенсивности испарения влаги U .

Результаты исследований представлены в виде графиков на рисунках 13-18. На приведённых графиках кривая 1 характеризует температуру в центре испытуемого образца, кривая 2 характеризует изменение температуры на поверхности образца, линия 3 показывает температуру окружающей среды в сушильном шкафу во время проведения эксперимента. Измерения проводились после стабилизации температуры воздуха в печи с испытуемым образцом на заданных значениях 210°C и 175°C . Стабилизация температуры происходила через 12 мин. после загрузки контейнера с пробой. Исходная влажность образцов перед загрузкой контейнера составила 92% от массы абсолютно сухого грунта при испытании образцов при температуре 210°C и 77% при температуре 175°C . Так же определялась влажность образцов торфа через 12 мин. после загрузки в сушильный шкаф W_{H12} . Влажность W_{H12} зависела от объёмной плотности. Определение влажности проводилось следующим образом. После загрузки контейнера с испытуемым образцом в сушильный шкаф, он выдерживался 12 мин. до момента, когда термодатчики фиксировали достижение экспериментальной температуры, далее контейнер вынимали из сушильного шкафа и взвешивали. Потери влажности рассчитывались как разница начальной массы контейнера (при

известной начальной влажности) и конечной массы, далее по приведенным выше формулам определялась конечная влажность и объемная плотность материала. Стабилизация температуры воздуха в сушильном шкафу, которая фиксировалась термопарой №3, наступала через 12 мин. после загрузки сушильного шкафа. Из анализа приведённых графиков следует, что временной интервал до начала процесса самовозгорания образцов используемых в эксперименте менялось в зависимости от значения насыпной плотности материала. С повышением объемной плотности образцов торфа увеличивалось время до возникновения процесса самовозгорания при температурах 210°C и 175°C . При анализе графиков видно, что после пересечения кривых 1 и 2 характеризующих соответственно температуры в центре и на поверхности испытуемого материала, температура теплофизического центра контейнера (кривая 1) стала превышать теплоотвод от поверхности контейнера (кривая 2).

Таким образом, можно сделать вывод, что в момент пересечения указанных выше кривых количество отводимого тепла от поверхности стало равно количеству тепла, накопленного в центре испытуемого материала. При продолжении эксперимента происходит увеличение температуры в центре испытуемого материала и увеличение теплоотвода от поверхности контейнера, причём кривая температуры центра 1 выше, чем кривая поверхности 2. Таким образом, в центре материала происходит накопление избыточного количества тепла, которое не успевает отводиться от поверхности материала, что видно из приведённых выше графиков. Накопление избыточного тепла в центре материала при неизменности температуры окружающей среды и влажности испытуемого материала неизбежно приводит к самовозгоранию испытуемого образца. Временной интервал возникновения эффекта самовозгорания испытуемых торфяных образцов напрямую зависел от их объемной (или насыпной) плотности. С ростом объемной плотности торфа увеличивался временной интервал до возникновения процесса самовозгорания при статированных температурах сушильного шкафа 210°C и 175°C . Критической точкой (т.чк.2) в процессе самонагревания испытуемых образцов торфа являлась точка пересечения кривых

центра и поверхности испытуемого материала и температуры воздуха, что видно из приведённых кривых на приведенных рисунках.

При анализе кривых изменения температуры поверхности контейнера видно, что температурная кривая поверхности контейнера до точки пересечения с температурной кривой воздуха в сушильном шкафу и температурной кривой теплофизического центра, изменяется по одному и тому же линейному закону. Кривую, характеризующую температуру теплофизического центра контейнера, можно разделить на три участка:

- первый участок - с момента начала эксперимента до достижения значения в центре контейнера температуры, равной половине температуры воздуха;
- второй - до момента пересечения с температурной кривой поверхности контейнера и температурой воздуха в сушильном шкафу;
- и третий - до момента самовозгорания.

Первый и второй участки изменяются по законам близким к линейным. Предположение о линейности выше рассмотренных процессов подтверждается рядом авторов [34,119 и др.]. Третий участок характеризуется резким ускорением процесса нагрева торфа, как в центре образца, так и на поверхности. Причём на третьем участке температура теплофизического центра и поверхности материала значительно превышают температуру воздуха в сушильном шкафу. Данный эффект связан с химической реакцией окисления материала, которая является самоускоряющейся и развивается с большой скоростью после достижения определённой температуры активации теплофизического центра и поверхности образцов торфа, что подтверждается приведёнными выше графиками, полученными автором экспериментальным путем, и исследованиями ряда авторов [34,119 и др.].

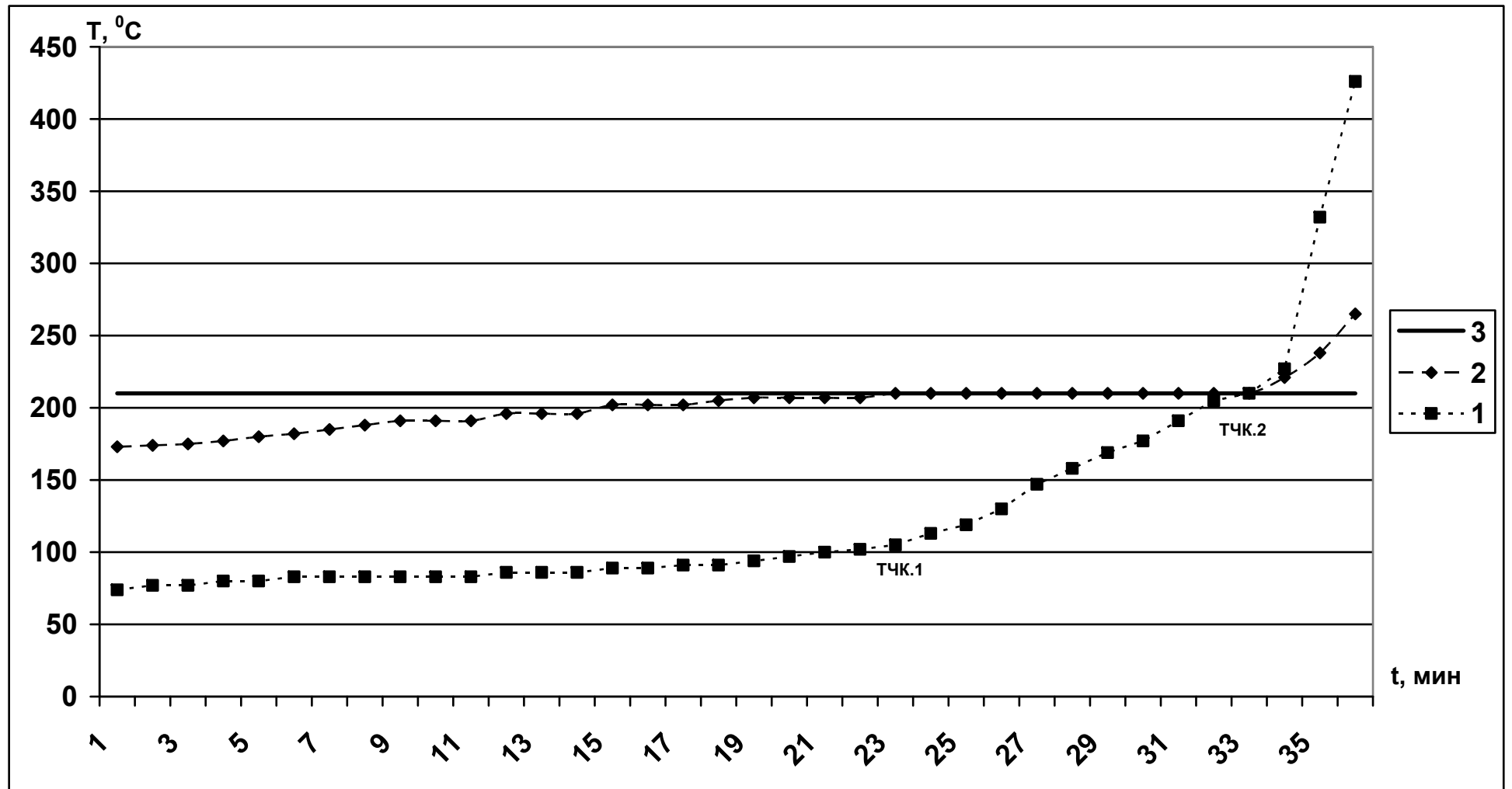


Рисунок 13 – Температура воздуха 210°C . $W_{H12} = 12,3\%$ влажность образца на начало измерений, $dV=0,13\text{ гр/см}^3$ объёмная плотность почвы. Время до возгорания 36 мин. Значение температуры в тчк.1 - 105°C и тчк.2 - 210°C . (кривая 1- температура теплофизического центра контейнера, кривая 2 – температура поверхности контейнера, кривая 3 - температура воздуха в сушильном шкафу)

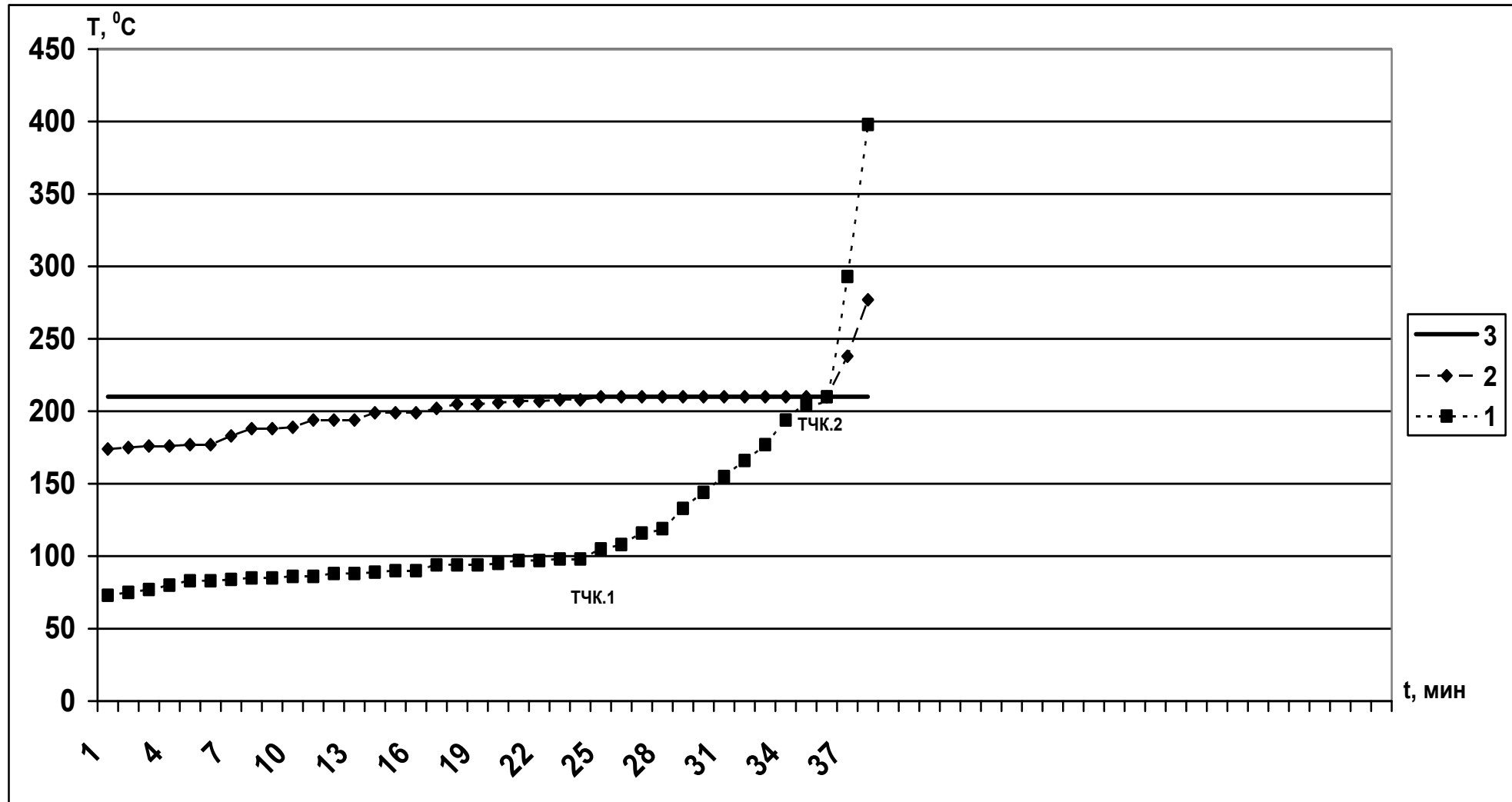


Рисунок 14 - Температура воздуха 210°C . $W_{\text{H}_{12}}=15,92\%$ влажность образца на начало измерений, $d_v=0,14 \text{ г/см}^3$ объёмная плотность почвы. Время до возгорания 38 мин.. Значение температуры в тчк.1- 105°C и тчк.2- 210°C (кривая 1- температура теплофизического центра контейнера, кривая 2 – температура поверхности контейнера, кривая 3 - температура воздуха в сушильном шкафу)

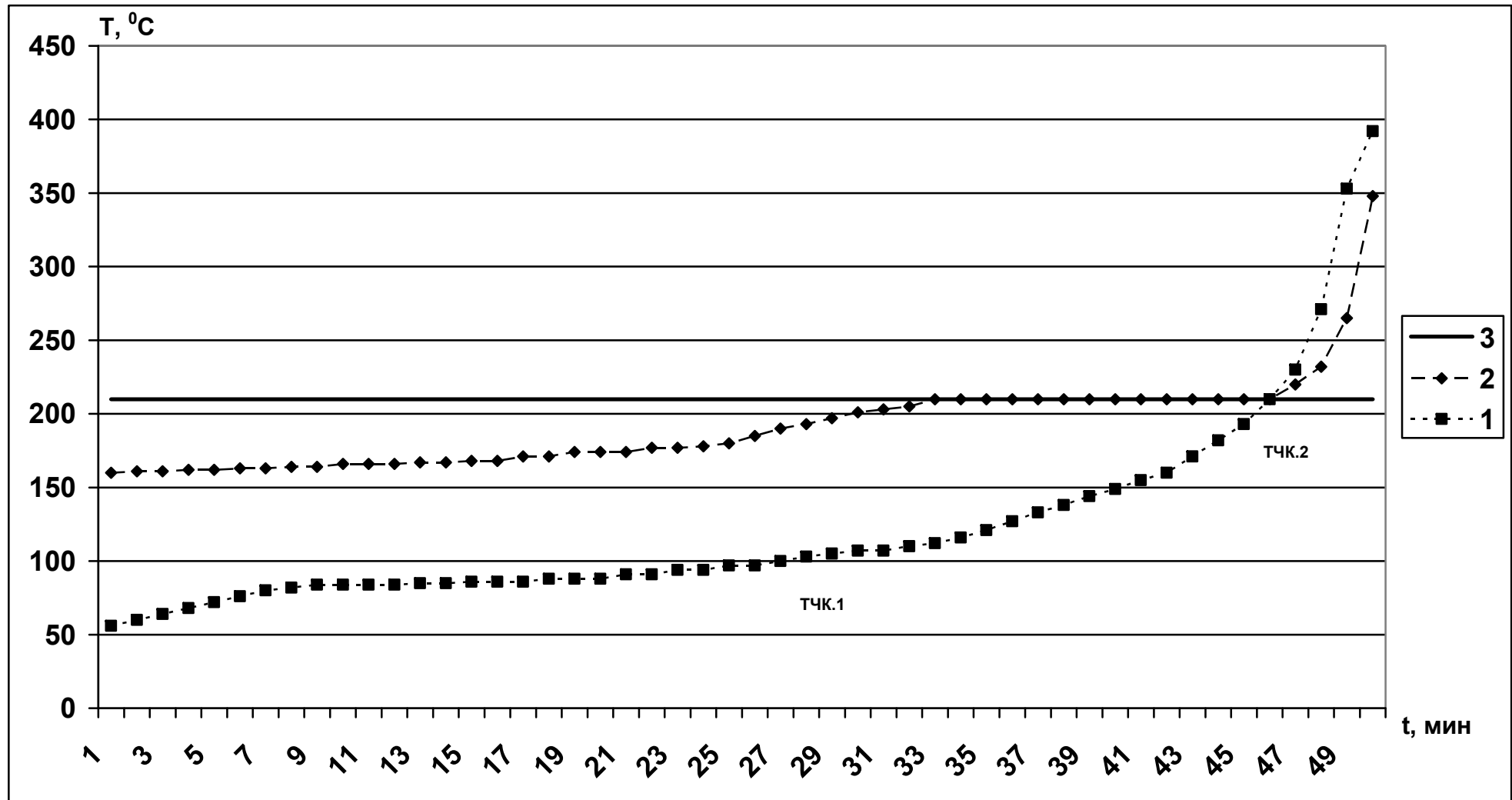


Рисунок 15 – Температура воздуха 210°C . $W_{H12}=25\%$ влажность образца на начало измерений, $d_v=0,18$ гр/см³ объёмная плотность почвы. Время до возгорания 50 мин. Значение температуры в тчк.1- 105°C и тчк.2- 210°C (кривая 1- температура теплофизического центра контейнера, кривая 2 – температура поверхности контейнера, кривая 3 - температура воздуха в сушильном шкафу)

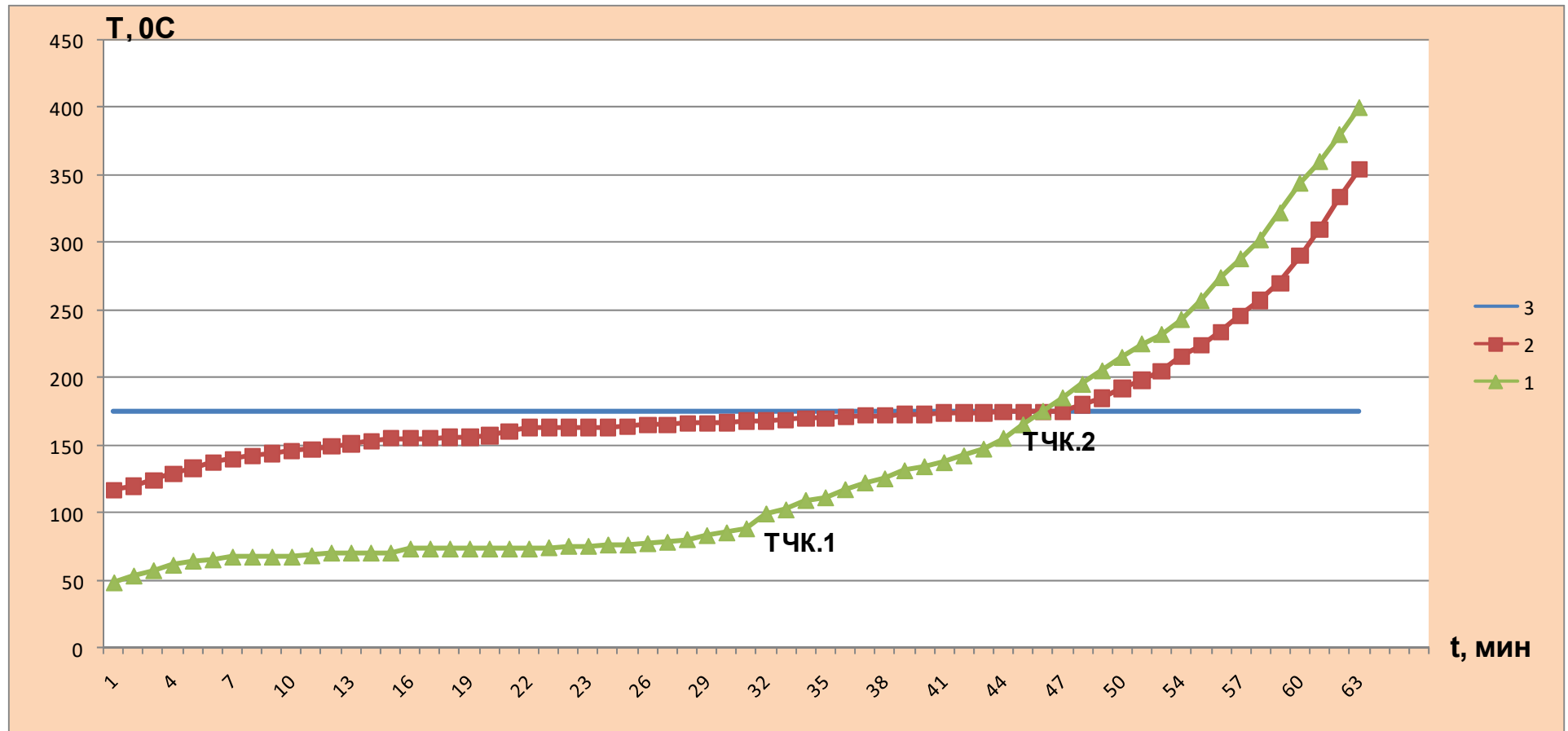


Рисунок 16- Температура воздуха 175°C . $W_{\text{H}_2\text{O}}=14,6\%$ - влажность образца на начало измерений, $d_v=0,17\text{ г/см}^3$ - объёмная плотность почвы. Время до возгорания 63 мин. Значение температуры в тчк.1 - $87,5^{\circ}\text{C}$ и тчк.2 - 175°C (кривая 1- температура теплофизического центра контейнера, кривая 2 – температура поверхности контейнера, кривая 3 - температура воздуха в сушильном шкафу)

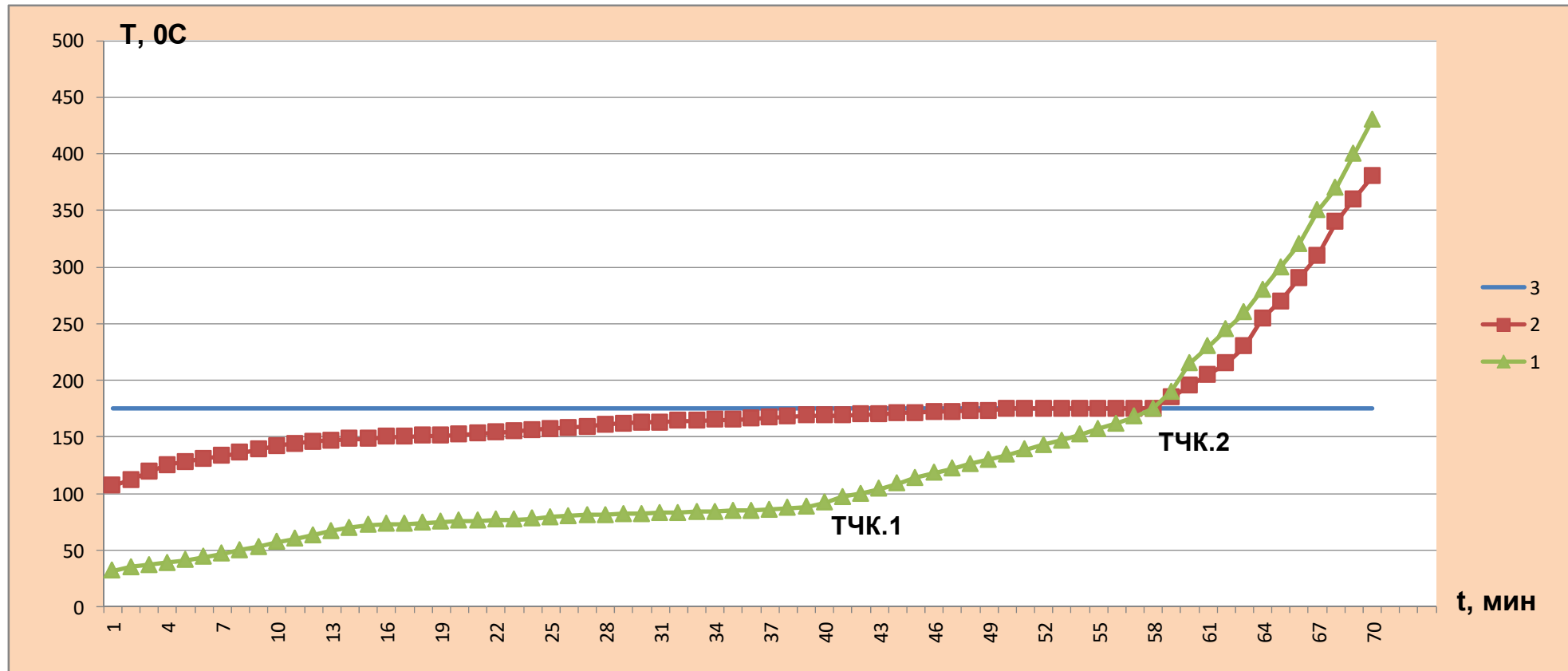


Рисунок 17 - Температура воздуха 175°C . $W_{\text{H}_2\text{O}}=20,3\%$ - влажность образца на начало измерений, $d_v=0,21 \text{ г/см}^3$ - объёмная плотность почвы. Время до возгорания 70 мин. Значение температуры в тчк.1 - $87,5^\circ\text{C}$ и тчк.2- 175°C (кривая 1- температура теплофизического центра контейнера, кривая 2 – температура поверхности контейнера, кривая 3 - температура воздуха в сушильном шкафу)

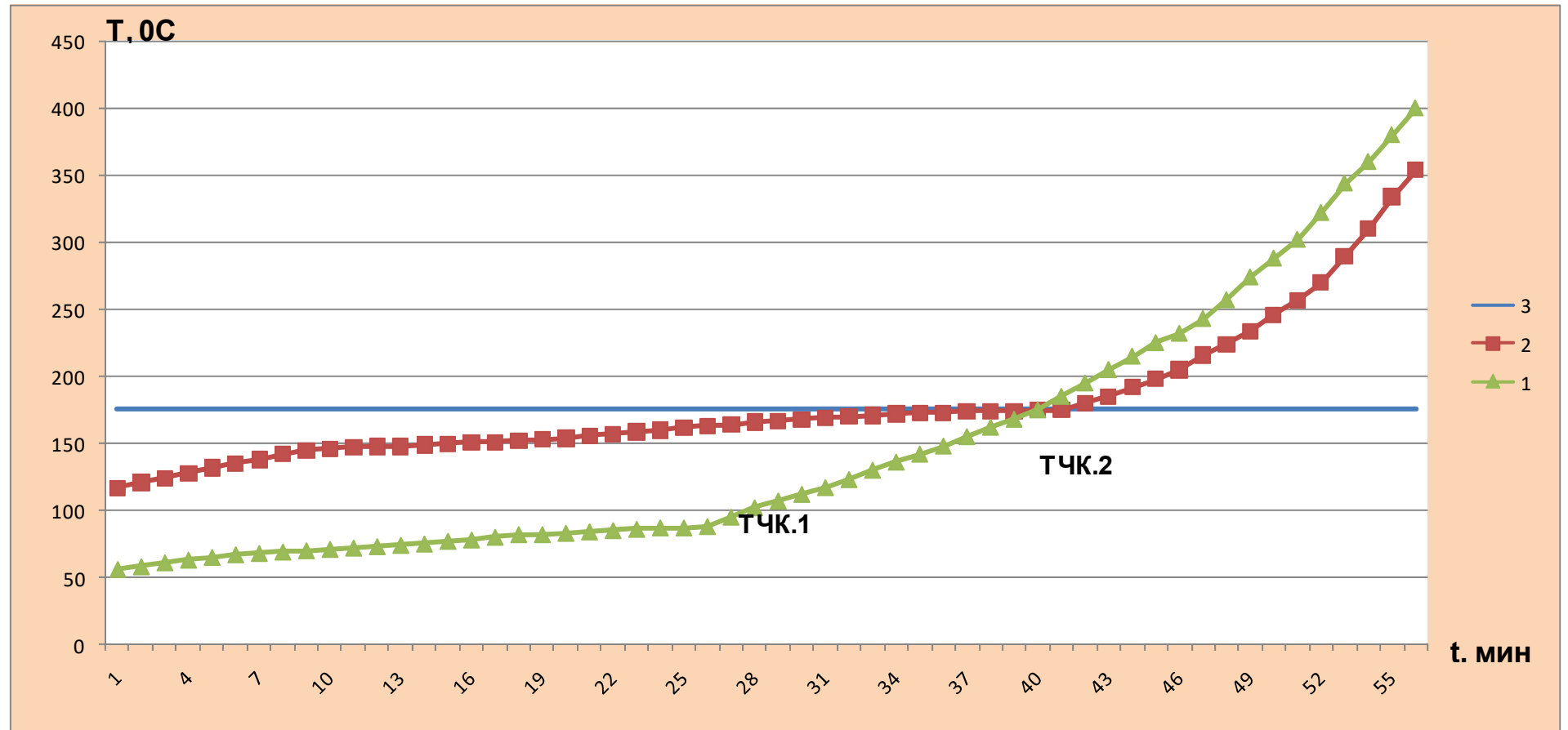


Рисунок 18 - Температура воздуха 175°C . $W_{\text{H}_2\text{O}}=12\%$ - влажность образца на начало измерений, $d_v=0,16 \text{ г/см}^3$ - объёмная плотность почвы. Время до возгорания 56 минут. Значение температуры в тчк. 1- $87,5^{\circ}\text{C}$ и тчк.2 - 175°C (кривая 1- температура теплофизического центра контейнера, кривая 2 – температура поверхности контейнера, кривая 3 - температура воздуха в сушильном шкафу)

По данным тех же авторов данный процесс невозможно математически смоделировать из-за его большой скорости и зависимости от содержания окислителя в образцах торфа, которое в каждом случае может быть разным, и которое невозможно учесть. Таким образом, наибольший интерес представляют собой участки кривых теплофизического центра и поверхности торфа до критической точки 2, которые можно математически смоделировать. Значения температур в точке 2 являются крайними перед началом цепной реакции окисления торфа до наступления эффекта самовозгорания.

Было сделано предположение, что изменения характера температурной кривой теплофизического центра образцов на первом и втором участках связано с изменением содержания влаги в испытуемых образцах на данный момент времени. Выделены две характерные точки, точка 1 при температуре 105°C , которая наблюдалась на графиках, и точка 2 при пересечении температурных кривых поверхности и центра контейнера при температуре воздуха в сушильном шкафу 210°C . При температуре воздуха 175°C точка 1 наблюдалась при температуре теплофизического центра $87,5^{\circ}\text{C}$ и точка 2 при пересечении температурных кривых поверхности, центра контейнера и температуры воздуха. Видно, что в обоих случаях при различных температурах воздуха точка 1 наблюдалась при температуре теплофизического центра контейнера равной половине температуры воздуха в сушильном шкафу. На основе сделанного предположения автором проведены экспериментальные исследования с целью определения влажности в выделенных характерных точках 1 и 2. В качестве стартовых приняты значения влажности образцов, определённые после стабилизации температуры в сушильном шкафу на значениях 210°C и 175°C . Стартовые и конечные значения влажности образцов в точке 1 приведены в таблице 18. Так же, в данной таблице приведены значения интенсивности испарения влаги из образцов при различной их плотности на участке от начала эксперимента до достижения кривой теплофизического центра точки 1. Интенсивность испарения влаги определялась по зависимости:

$$U = \frac{m_B}{\tau} \quad (38)$$

где:

U –интенсивность испарения влаги из образца грамм/минута;

m_B –масса испарившейся влаги из образца граммы;

τ –время от начала до конца эксперимента минуты.

Из анализа таблицы 18 видно, что в точке 1 влажность образцов торфа составляла 0%, то есть, образцы находились в абсолютно сухом состоянии.

Таблица - 18 Изменение влажности образца до достижения температурной кривой теплофизического центра точки 1

Плотность образца г/см ³	Начальная влажность образца, % от массы абсолютно сухой почвы	Конечная влажность образца, % от массы абсолютно сухой почвы	Время эксперимента, минуты	Интенсивность испарения влаги из образца, гр/минута
Температура воздуха 210 ⁰ С				
0,13	12,3	0	23	0,015
0,14	15,9	0	25	0,02
0,18	25	0	29	0,033
Температура воздуха 175 ⁰ С				
0,16	12	0	26	0,016
0,17	14,6	0	31	0,017
0,21	20,3	0	39	0,023

Таким образом, участок температурной кривой теплофизического центра от точки 1 до точки 2 нагревался без участия влаги по более крутой траектории, и соответственно по другому закону, чем участок от начала эксперимента до точки 1. На участке до точки 1 в образце торфа присутствовала влага, которая, испаряясь, способствовала замедлению процесса разогрева теплофизического центра. Также видно, что с увеличением плотности образцов торфа время прогрева увеличивалось, что объясняется тем, что более плотные образцы торфа

содержали больше влаги как в процентном отношении к массе абсолютно сухого, так и по массе грунта, что, замедляет процесс нагрева. Увеличение времени до самовозгорания торфа по мере увеличения его плотности на участке от точки 1 до конца опыта также объясняется тем, что более плотные образцы содержат меньше воздуха, являющегося окислителем в процессе горения, самовозгорания. Также, с использованием уравнения по результатам экспериментальных исследований была рассчитана энергия активации исследуемого торфа, которая составила $E = 120 \text{ кДж/моль}$. Полученные результаты не противоречат литературным данным [52], по которым энергия активации торфа изменяется в пределах 70 – 170 кДж/моль.

3.3 Результаты экспериментальных исследований самовозгорания торфа при температурах ниже критических

В данном разделе работы представлены и проанализированы результаты экспериментальных исследований, проведенных автором для аналогичных образцов торфа при температуре 90⁰С. На приведенных ниже графиках, рисунки 19,20, построенных по результатам экспериментальных исследований при температуре воздуха в печи 90⁰С, показан процесс разогрева теплофизического центра и поверхности образцов торфа до критической точки 2. Поскольку значения температур в данной точке являются крайними перед началом реакции окисления торфа, которая развивается быстро и её скорость зависит от содержания окислителя в образце, в каждом случае этот процесс не поддается моделированию. Поэтому наибольший практический и научный интерес представляет процесс нагрева проб торфа до критической точки 2. Влажность проб торфа перед загрузкой в контейнер в данном эксперименте составляла 92% от массы абсолютно сухой почвы. При анализе температурных кривых теплофизического центра (кривая 1) и поверхности образца (кривая 2), приведенных на рисунках при температурах ниже критических, установлено, что

их характер несколько отличается от аналогичных кривых при температурах выше критических. Рост температуры теплофизического центра до температуры окружающей среды в сушильном шкафу можно разбить на три участка.

Первый участок заключён между началом кривой 1 и характерной точкой, тчк.1. Температура в тчк.1 равна половине температуры воздуха в сушильном шкафу, и в нашем случае составляет 45°C . В тчк.1 была определена влажность образцов торфа, которая составила при плотности образца $d_v=0,16 \text{ г/см}^3$ и 52,9% от массы абсолютно сухой почвы, и при плотности $d_v=0,18 \text{ г/см}^3$ соответственно – 55,4%.

Второй участок, расположенный между тчк.1 и тчк.1.1 на кривой 1, представляет собой прямолинейный участок, характеризующийся температурой, равной половине температуры воздуха в сушильном шкафу, то есть 45°C . В тчк.1.1 была определена влажность образцов при плотностях, указанных выше, которая составила 0%. Значения влажности в характерных точках при температуре воздуха в сушильном шкафу ниже критических представлены в таблице 19.

Третий участок расположен между тчк.1.1 и тчк.2. На данном характерном участке наблюдается продолжение повышения температуры теплофизического центра в испытуемых образцах торфа при нулевом значении влажности в них до достижения критической тчк.2 с температурой равной температуре воздуха в сушильном шкафу 90°C . Кривая 2 характеризующая температуру поверхности испытуемых образцов торфа имеет два участка. Первый участок представлен наклонной линией от времени начала эксперимента до достижения значения 45°C , и второй участок, это прямолинейная линия в продолжение первого участка с температурой 45°C до критической тчк.2.

Таблица - 19. Значения влажности образцов торфа в характерных точках температурной кривой теплофизического центра при температуре воздуха 90⁰С

Объёмная плотность торфа, г/см ³	Начальная влажность, W _{H12} , %	Влажность в тчк.1, %	Влажность в тчк.1.1, %	Интенсивность испарения влаги, г/мин.
0,16	65,2	52,9	0	0,039
0,18	66,2	55,4	0	0,021

Таким образом, по полученным автором результатам экспериментов при температуре 90⁰С ниже критических можно сделать заключение, что наличие влажности в образцах торфа не даёт расти температуре теплофизического центра выше значения, равного половине статируемой температуры воздуха. Данное явление объясняется тем, что на испарение влаги затрачивается значительная часть энергии и тем, что влага, испаряясь, охлаждает торф, не давая температуре, расти выше значения равного половине температуры окружающего воздуха. Как только торф полностью обезвоживается, начинается рост температуры теплофизического центра.

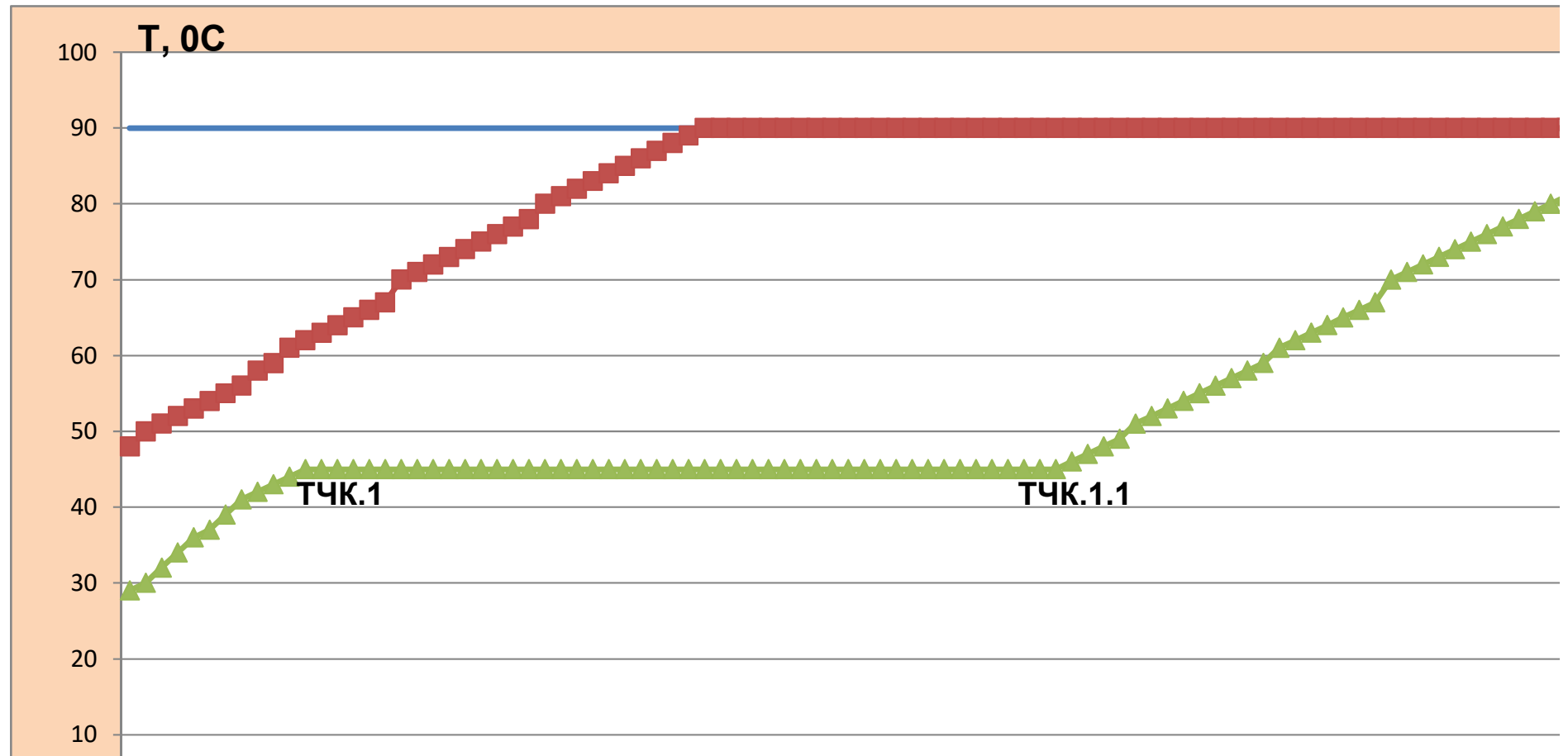


Рисунок 19 - Температура воздуха 90⁰С. $W_{H12}=65,2\%$ - влажность образца на начало измерений, $d_v=0,16$ г/см³ – объёмная плотность почвы. Значение температуры в тчк.1. – 45⁰С, тчк.1.1- 45⁰С и тчк.2 – 90⁰С (кривая 1- температура теплофизического центра контейнера, кривая 2 – температура поверхности контейнера, кривая 3 - температура воздуха в сушильном шкафу)

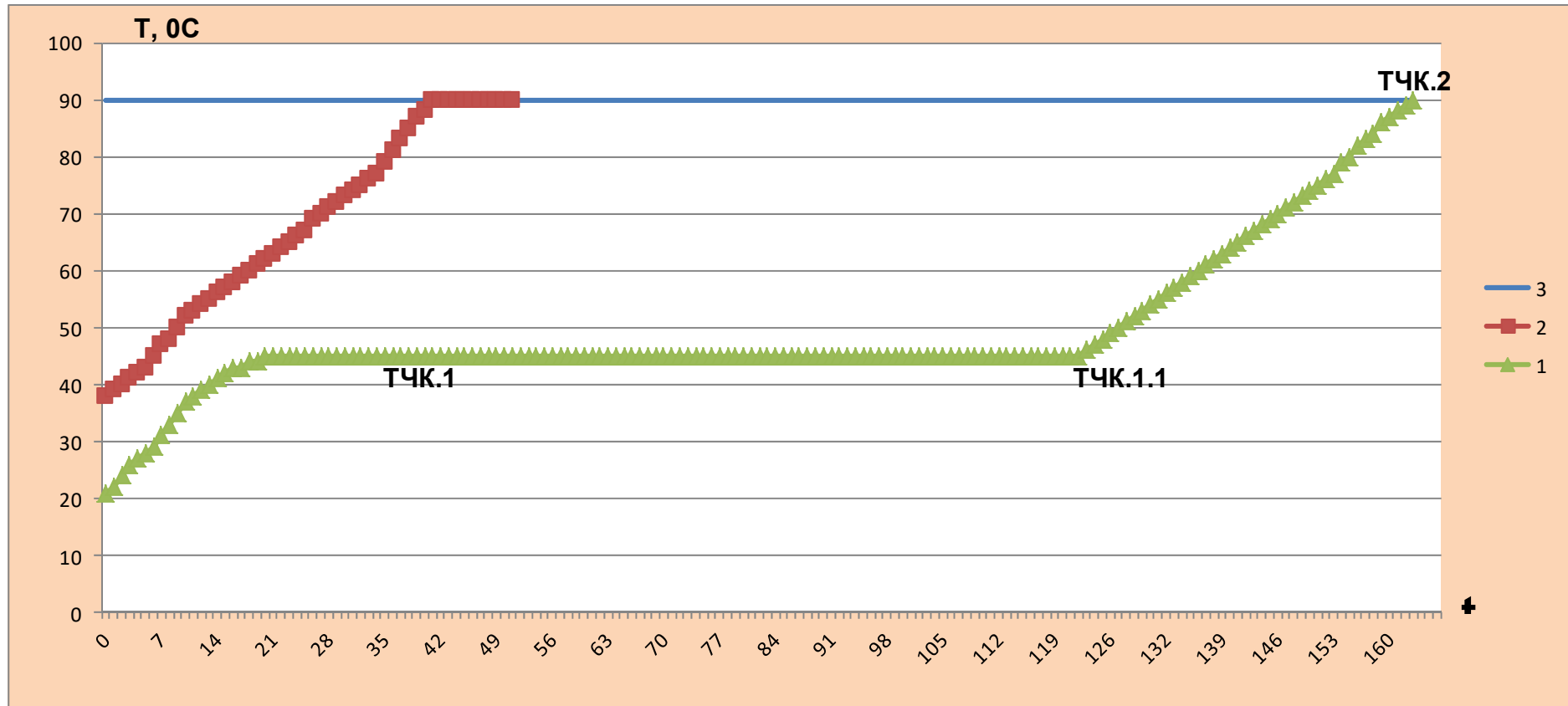


Рисунок 20 - Температура воздуха 90°C . $W_{\text{H12}}=66,2\%$ – влажность образца на начало измерений, $d_v=0,18 \text{ г/см}^3$ – объёмная плотность почвы.. Значение температуры в тчк.1 – 45°C , тчк.1.1 – 45°C и тчк.2 – 90°C (кривая 1- температура теплофизического центра контейнера, кривая 2 – температура поверхности контейнера, кривая 3 - температура воздуха в сушильном шкафу).

3.4 Результаты моделирования возгорания торфяных почв

3.4.1 Характеристика разработанной модели

Разработанная математическая модель возгорания торфяных почв является комплексной и в общем виде состоит из следующих составляющих:

- Модель изменения содержания влаги в почве и ее влияние на воздушный и тепловой режимы (водный блок);
- Модель самовозгорания торфяной почвы (тепловой блок).

На рисунке 21 представлена общая блок-схема разработанной модели по оценке возникновения торфяного пожара. Пунктирными стрелками показана косвенная взаимосвязь между составляющими блок-схемы, а сплошными стрелками прямая связь между элементами блок-схемы, где:

W – влажность;

Δ - уровень грунтовых вод

$q\downarrow$ – инфильтрационный поток влаги в грунтовые воды;

$q\uparrow$ – капиллярное подпитывание за счёт грунтовых вод;

Π – поступление влаги за счёт атмосферных осадков или дополнительного увлажнения;

E – испарение влаги за счёт транспирации растений и физического испарения с поверхности почвы.

Такое построение модели обусловлено тем, что существует прямая взаимосвязь между тепловым, воздушным и водным режимами торфяных почв. Изменение естественного водного режима торфяных почв, связанное с проведением мелиоративных мероприятий, таких как осушение, или неблагоприятные климатические условия в пожароопасный сезон, влечёт за собой изменение остальных режимов, которые находятся в тесной взаимосвязи между собой.

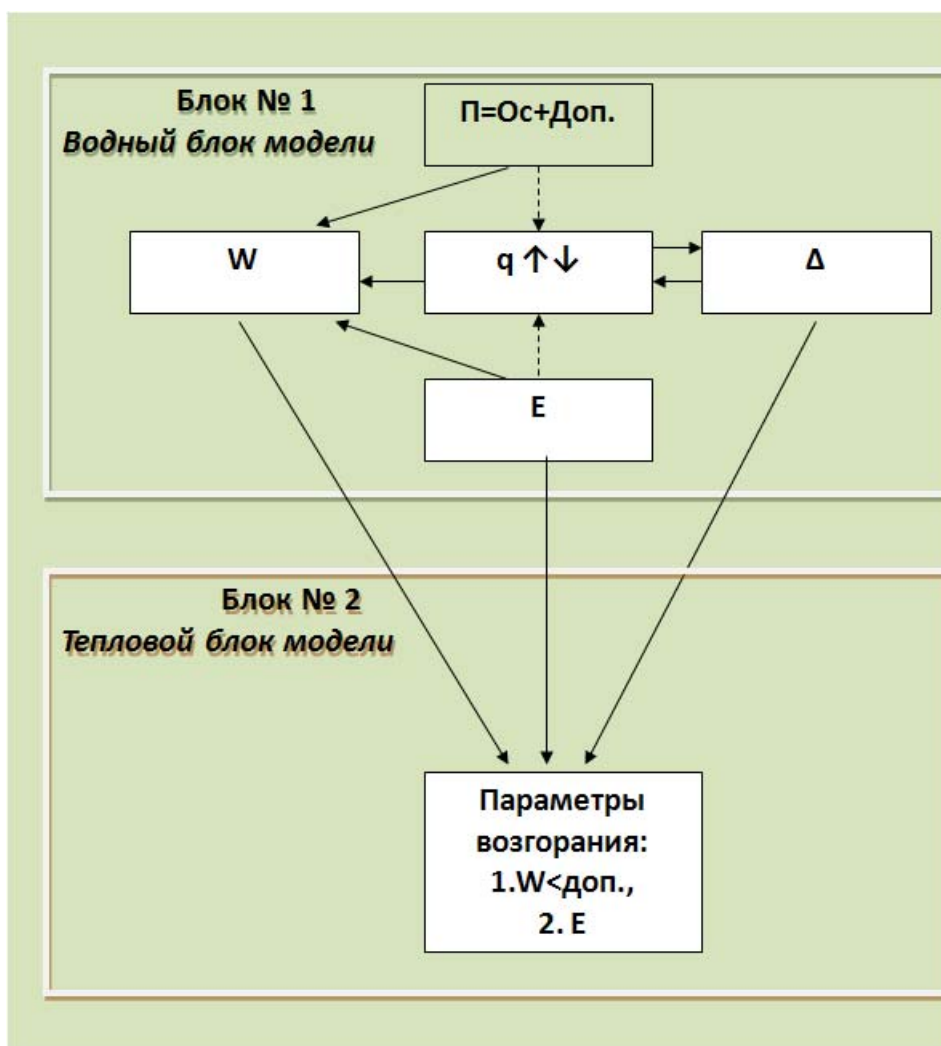


Рисунок 21 – Блок-схема математической модели самовозгорания торфяника

В результате осушительных мероприятий, проводимых на торфяных почвах, понижается уровень грунтовых вод и, как следствие, уменьшается, или прекращается подпитка влагой зоны аэрации почвы за счёт капиллярного подпитывания, изменяются водно-физические и тепловые свойства торфяной почвы, а также изменяется её водный баланс в сторону создания благоприятных условий для возникновения торфяного пожара. При понижении уровня грунтовых вод наблюдается изменение воздушного режима торфяников. Если при высоком стоянии грунтовых вод в естественных условиях в торфяных почвах происходят анаэробные процессы и она насыщена углекислым газом, который не является окислителем, то при понижении поверхности грунтовых вод в почве развиваются аэробные условия и почвенная атмосфера насыщается кислородом, являющимся активным окислителем. При понижении уровня грунтовых вод

температура верхних слоёв торфяной почвы повышается по сравнению с температурой при естественной глубине залегания грунтовых вод. Повышение температуры верхних слоёв почвы связано с тем, что при уменьшении влажности почвы снижается её теплопроводность, и тепло, поступающее за счёт солнечной радиации, меньше отводится в нижележащие почвенные слои, а накапливается в верхнем слое почвы, что в свою очередь увеличивает возможность возникновения торфяного пожара.

Неблагоприятные климатические условия пожароопасного сезона, которые для условий Нечернозёмной зоны РФ могут наблюдаться с апреля по сентябрь в самом худшем случае, или с мая по июль, когда суммарная радиация обладает наибольшей интенсивностью и изменяется в пределах $0,8...2$ Дж/см²/мин. В данный период наряду с большим количеством тепла в засушливые годы наблюдается, как правило, наименьшее выпадение атмосферных осадков за год, что влечёт за собой нарушение естественного водного режима неосушенных торфяников, значительное понижение уровня грунтовых вод и, как следствие, увеличение возможности возникновения торфяного пожара. В этих условиях наиболее возможно возникновение торфяных пожаров на верховых болотах, на которых преобладающим является атмосферный тип водного питания, который в период засухи практически отсутствует. В водном блоке моделируются процессы изменения влажности в расчётном слое торфяной почвы с заданными параметрами водно-физических, тепловых и физико-химических свойств. Тепловой блок математической модели предусматривает моделирование теплофизических процессов возникновения горения на торфяных почвах при складывающихся водном, тепловом и воздушном режимах данных почв. В этом блоке оценивается возможность возникновения торфяного пожара по трём критериям: влажности почвы, температуры поверхности и теплофизического центра расчётного слоя торфяной почвы, температуре окружающей среды и насыщенности почвы кислородом на данный момент времени.

3.4.2 Модель изменения влагозапасов в торфяной почве

Возможность возникновения торфяного пожара в первую очередь определяется влажностью торфяной почвы. Поэтому одним из основных условий возникновения пожара является иссушение слоёв торфа в результате изменения водного режима, малое количество осадков и значительное понижение грунтовых вод, высокая температура воздуха. Таким образом, модель изменения влагозапасов торфяной почвы является одним из основных элементов общей модели торфяных пожаров. На данный момент выделяются следующие подходы к исследованиям процессов происходящих при переносе воды в пористых средах — макроскопический, микроскопический и молекулярный.

Макроскопический – в основе данного подхода лежит представлении изучаемой системы как гомогенной или гетерогенной среды, которой присущи характеристики макроскопического уровня;

Микроскопический – в основе его лежит детализация пространственного расположения частиц твердой фазы и их геометрических размеров, с учетом межагрегатных и внутриагрегатных пор, то есть с учетом строения пористой среды;

Молекулярный подход рассматривает дисперсные среды в как состоящие из молекул, ионов, атомов, а взаимодействия, которые происходят между элементами системы, происходят на основании законов квантовой, а также классической механики.

Для модели построения изменения запасов влаги в торфяной почве был применен макроскопический подход, с представлением каждого генетического горизонта (блока) почвы как гомогенного пористого пространства, то есть без учета структурности моделируемой среды, а, следовательно, не учитывалось агрегатная и меж агрегатной пористости.

Следует сказать, что на сегодняшнее время существуют сложные модели, рассматривающие в пористой среде межагрегатные, внутренние поры, крупные

трещины, учет заземленного воздуха в порах. Такие модели требуют, в каждом конкретном случае, проведения сложных экспериментальных исследований, для получения расчетных параметров и детального изучения протекающих процессов в зависимости от сложения и структуры почв в каждом конкретном случае. Поэтому возникают ограничения для использования таких моделей для проведения широкого спектра прогнозных расчетов, в практическом разрезе их применения. Уравнение для водного блока модели, или водного баланса:

$$\Delta W = Oc + \uparrow q_1 - (E_{TP} + E_{II}) - \downarrow q_2 + П + \bar{П} - \bar{O} - O + K \quad (39)$$

где:

ΔW – изменение влагозапасов в расчётном слое почвы;

Oc – атмосферные осадки;

$\uparrow q_1$ – капиллярное подпитывание за счёт грунтовых вод;

$\downarrow q_2$ – отток в грунтовые воды за счёт инфильтрации в грунтовые воды;

$П$ – приток поверхностных вод,

$\bar{П}$ – приток грунтовых вод,

O – отток поверхностных вод,

\bar{O} – отток грунтовых вод,

K – конденсация влаги,

E_{TP} – испарение влаги растениями,

E_{II} – физическое испарение влаги с поверхности почвы.

При наступлении летнего жаркого и засушливого, пожароопасного сезона поверхностным притоком вод на моделируемую территорию можно пренебречь, так как атмосферные осадки за данный временной интервал чрезвычайно редки и незначительны по своему количеству, и в таких условиях они будут почти полностью поглощены почвой прилегающих территорий. Таким образом, можно учитывать только осадки, выпадающие в пределах изучаемой территории.

В связи выше приведёнными условиями, а также по данным ряда авторов (например, В.Ф. Шебеко, А.И. Будаговского и др. [29,136,150,167 и др.]) можно

принять, что $\bar{P} = \bar{O} = \Pi = O = 0$, а величина конденсации K за месяц не превышает 3...4% от суммарного испарения, то есть $K = 0$.

Уравнение водного баланса можно рассматривать для двух случаев:

- 1) торфяные разработки, сельскохозяйственные угодья, выработанные торфяники.
- 2) торфяные почвы в естественных условиях в засушливый период.

Уравнение водного баланса можно записать с учётом выше приведённых условий в виде:

$$\Delta W = Oc + \uparrow q_1 - \downarrow q_2 - (E_{TP} + E_{II}) \quad (40)$$

С учётом:

$$E_0 = E_{TP} + E_{II} \quad (41)$$

$$\pm \uparrow \downarrow q = \uparrow q_1 - \downarrow q_2 \quad (42)$$

Уравнение водного баланса примет вид:

$$\Delta W = Oc \pm \uparrow \downarrow q - E_0 \quad (43)$$

Величина осадков за расчётный период берётся из ряда метеонаблюдений за год расчётной обеспеченности, или в реальном режиме времени. Суммарное потенциальное испарение E_0 можно определить по простым связям с метео элементами. По данным [10, 17,21,37,48,113,150 и др.] суммарное испарение более точно можно установить в зависимости от температуры воздуха.

Суммарное потенциальное испарение влаги, физическое и транспирационное, в настоящей работе, определялось по зависимости Иванова, которая учитывает температуру и влажность воздуха, которые можно взять из данных метеонаблюдений:

$$E_0 = 0,0061 \cdot (t + 25)^2 \cdot (1 - a), \text{ мм/сут} \quad (44)$$

где:

t - температура воздуха за сутки, $^{\circ}\text{C}$;

a - влажность воздуха за сутки, в долях.

Интенсивность вертикального движения влаги в зоне аэрации q можно записать через закон Дарси, описывающего процесс движения почвенной влаги:

$$q = -k \left(\frac{d\psi}{dz} - 1 \right) \quad (45)$$

где:

ψ – капиллярный потенциал,

k – коэффициент влагопроводности, зависящие от влажности почвы;

z – ось направленная вниз.

В водном балансе почв одну из главных ролей играет водообмен между грунтовыми водами и зоной аэрации, который в значительной степени участвует в формировании водного, воздушного и теплового режимов почв, что повышает его роль в возникновении торфяных пожаров. Разработаны эмпирические зависимости, по которым можно определить расчетным путем величины q_1 и q_2 [158].

Значение поступления влаги в зону аэрации, за счет капиллярного питания, в основном зависит от глубины залегания грунтовых вод и его можно просчитать по зависимости аналогичной формуле Ивицкого:

$$q_1 = q_0 \cdot e^{-m(\Delta - \Delta_0)} \quad (46)$$

В своих работах Маслов Б.С. [135], адаптируя вышеприведённое уравнение для торфяных почв, принимает, что:

$$q_0 = E^* \quad (47)$$

где:

E^* – испаряемость с растительности;

m – коэффициент равный $1,4 \frac{1}{M}$;

Δ_0 – начальная глубина грунтовых вод, которая задаётся.

Учитывая вышесказанное, уравнение капиллярного подпитывания можно записать в виде:

$$q_1 = E^* \cdot e^{-m(\Delta - \Delta_0)} \quad (48)$$

Афанасик Г.И. [17] предложил для определения максимально возможного подпитывания со стороны грунтовых вод теоретически обоснованную формулу:

$$q_1^{\max} = \frac{K_1}{e^{a(\Delta - z_0)}} - 1 \quad (49)$$

где:

q_1^{\max} – максимально возможное подпитывание со стороны грунтовых вод;

K_1 – коэффициент влагопроводности почвы при влажности равной ПВ и $\psi = 0$;

z_0 – толщина корнеобитаемого слоя;

a – гидрофизический параметр почвы в зависимости от коэффициента влагопроводности K и от потенциала влаги ψ принимаемый в виде:

$$K = K_1 \cdot e^{a\psi} \quad (50)$$

Расчет потока влаги, инфильтрации в подземные воды q_2 Маслов Б.С. [135] предложил определять в зависимости от слоя осадков Oc по эмпирическому уравнению:

$$q_2 = Oc \cdot e^{-0,85\Delta^2} \quad (51)$$

Влага в зоне аэрации образует сплошное водное тело, находящиеся в состоянии динамического равновесия. В процессе уменьшения количества влаги в верхних слоях почв, происходит поступления дополнительного количества влаги из грунтовых вод. В результате выпадения атмосферных осадков, происходит увеличение влажности верхних слоев почвы, и как следствие ее инфильтрация в грунтовые воды. Если верхние слои почвы сильно обезвожены, то инфильтрационный поток в сторону грунтовых вод, формирующийся в результате выпадения на территории атмосферных осадков, как правило, не достигает их поверхности, и уравнение водного баланса в данном случае записывается:

$$\Delta W' = Oc - E_0 + \uparrow q_1 \quad (52)$$

При глубоком залегании грунтовых вод ниже высоты капиллярного питания уравнение принимает вид:

$$\Delta W' = Oc - E_0 - \downarrow q_2 \quad (53)$$

В данном случае наступают наиболее благоприятные условия по влажности для возникновения торфяного пожара. В этих условиях единственным источником влаги в расчетном слое торфяной почвы, который будет располагаться выше зоны капиллярного поднятия, являются атмосферные осадки, которые могут быть достаточно редкими, короткими и малообъемными. На практике в сложившихся условиях преобладает составляющая E_0 и $\downarrow q_2$ т.е. происходит постоянное снижение запасов влаги расчетного слоя почвы, насыщение его кислородом, и, как следствие, возникновение благоприятных условий для возникновения торфяного пожара.

В данном случае время до возникновения пожара и соответствующая температура окружающей среды моделируется по моделям самовозгорания торфяной почвы. По данным авторов [135,136,168 и др.] глубокое залегание грунтовых вод приводит к усилению инфильтрации $\downarrow q_2$, что уменьшает влагозапасы в почве. По литературным данным [135] при близком залегании уровня грунтовых вод $\Delta \approx 0,5 м$ доля подпитывания почвы составляет 20–50% от суммарного водопоступления. При глубоком залегании уровня грунтовых вод инфильтрация влаги составляет 10-20% от общего водопритока. Таким образом, расходную часть водного баланса при глубоком залегании уровня грунтовых вод можно записать в виде:

$$\pm \Delta W = E_0 + \downarrow q_2 \quad (54)$$

$$\downarrow q_2 = (0,1 \dots 0,2) \cdot Oc \quad (55)$$

3.4.3 Разработанная модель самовозгорания торфяной почвы при температурах воздуха выше критических

По результатам экспериментальных исследований были разработаны математические модели самовозгорания торфяных почв. Установлено, что процесс самовозгорания по-разному протекает при критической (более 100⁰С) и ниже критической (менее 100⁰С) температурах воздуха. В данном разделе рассматривается математическая модель самовозгорания торфяного грунта при температуре воздуха выше критической. Процесс самовозгорания выражается тремя уравнениями:

1) Первое уравнение описывает процесс нагрева поверхности торфа до температуры воздуха окружающей среды (56);

2) Второе уравнение моделирует процесс нагрева теплофизического центра торфяной почвы до характерной точки 1 (57);

3) Третье уравнение моделирует изменение температуры теплофизического центра до критической точки 2 (58).

Рассмотрим первое уравнение для описания процесса нагрева поверхности торфяной почвы до температуры воздуха в сушильном шкафу. В общем виде уравнение представлено в следующем виде:

$$T_{\Pi} = T_{\Pi}^H + \Delta T_{\Pi}, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (56)$$

где:

T_{Π} – температура поверхности торфа в ⁰С на интересующий момент времени;

T_{Π}^H – начальная температура поверхности торфа в ⁰С, которая задаётся или определяется экспериментальным путём;

ΔT_{Π} – приращение температуры поверхности торфа в ⁰С за определённый интервал времени.

Фактически ΔT_{Π} есть функции параметров, которые были определены в

результате проведения экспериментальных исследований, что также подтверждается рядом авторов [93, 95, 166 и др.]:

$$\Delta T_{II} = f(\Delta\tau_{II}, d_V, F, V, T_{OKP}) \quad (57)$$

где:

$\Delta\tau_{II}$ – интервал времени до нагрева поверхности торфа до температуры воздуха окружающей среды, мин;

d_V – объёмная или насыпная плотность торфа, гр/см³;

F – площадь поверхности торфа, контактирующая с окружающим воздухом, см²;

V – объём торфа, подвергающийся тепловому воздействию, см³;

T_{OKP} – температура окружающего воздуха, °С.

Автором предложено уравнение:

$$\Delta T_{II} = \Delta\tau_{II} \cdot \left(d_V \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{OKP} \right)^{1/F} \quad (58)$$

Данное уравнение является зависимостью линейного типа. Как уже отмечалось ранее, процессы нагрева являются линейным, их нелинейность является кажущейся, что видно из проведённых исследований и сходится с заключением авторов [93, 95, 166], разработчиков более ранних моделей самовозгорания. Уравнение (66) учитывает все физические параметры, влияющие на процесс нагрева торфа о которых говорилось ранее. Следует отметить, что

соотношение $\frac{F}{V}$ характеризует размер и скопление торфяной почвы.

В конечном виде уравнение нагрева поверхности торфяной почвы с учётом уравнения примет вид:

$$T_{II} = T_{II}^H + \Delta\tau_{II} \cdot \left(d_V \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{OKP} \right)^{1/F}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (59)$$

Преобразуем уравнение и выразим из него интервал времени нагрева поверхности торфа до температуры воздуха окружающей среды $\Delta\tau_{II}$:

$$\Delta\tau_{II} = \frac{T_{II} - T_{II}^H}{\left(d_V \cdot F/V \cdot T_{OKP}\right)^{V/F}}, \text{ мин} \quad (60)$$

Учитывая, что уравнение (64) и (65) моделируют процесс нагрева поверхности торфа до температуры воздуха в сушильном шкафу, то $T_{II} = T_{OKP}$, тогда уравнение (60) можно записать следующим образом:

$$\Delta\tau_{II} = \frac{T_{OKP} - T_{II}^H}{\left(d_V \cdot F/V \cdot T_{OKP}\right)^{V/F}}, \text{ минут} \quad (61)$$

Выполнен расчёт интервала времени по уравнению и сравнение полученных результатов с результатами экспериментальных исследований, таблица 20. В процессе расчётов параметры уравнения (69) $F, V, d_V, T_{II}^H, T_{OKP}$ определялись из результатов экспериментальных исследований. Далее полученное расчётное значение $\Delta\tau$ сравнивалось с экспериментальным значением, и определялся процент расхождения между ними. Из анализа таблицы 20 видно, что предложенное уравнение (61) позволяет производить расчёты с достаточной степенью точности, и использовать его для прогноза возникновения процесса самовозгорания торфяной почвы.

Таблица – 20 Результаты экспериментальных исследований и математического моделирования времени достижения поверхностью торфяной почвы температуры T_{OKP} при температурах выше критических

Объёмная плотность торфа d_V , г/см ³	Температура воздуха в сушильном шкафу T_{OKP} , °C	$\Delta\tau_{II}$ полученное опытным путём, минуты	$\Delta\tau_{II}$ полученное расчётным путём, минуты	Температура поверхности торфа T_{II} , °C	Расхождение значений $\Delta\tau_{II}$ расчётных и опытных, %
0,13	210	24,5	26,1	210	6,5
0,14	210	25	26,8	210	7,2
0,18	210	33	35	210	6,1
0,16	175	40	42,4	175	6
0,17	175	44	42	175	4,6
0,21	175	50	47,8	175	4,4

Второе уравнение моделирует теплофизический процесс нагрева центра исследуемого торфяного слоя до характерной точки 1. В общем виде уравнение имеет вид:

$$T_{ц1} = T_{цн1} + \Delta T_{ц1}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (62)$$

где:

$T_{ц1}$ —температура теплофизического центра торфяного слоя в точке 1 $^\circ\text{C}$;

$T_{цн1}$ —начальная температура теплофизического центра торфяного слоя, $^\circ\text{C}$

задавалась по результатам экспериментальных исследований;

$\Delta T_{ц1}$ —приращение температуры теплофизического центра торфяного слоя за интервал времени в $^\circ\text{C}$. в результате проведённых экспериментальных исследований было установлено, что $\Delta T_{ц1}$ зависит от следующих параметров:

$$\Delta T_{ц1} = f(\Delta \tau_1, d_V, F, V, T_{ОКР}, U) \quad (63)$$

где:

$\Delta \tau_1$ — интервал времени, за который значение температуры теплофизического центра испытуемого образца торфа сравнивается со значением температуры характерной точки 1, в минутах.

Таким образом, изменение температуры в теплофизическом центре торфяной почвы зависело не только от $\Delta \tau_1, d_V, F, V, T_{ОКР}$, но и от влажности образца, которая изменялась с течением времени. Изменение влажности образца учитывалось через интенсивность испарения влаги U из него, которая зависела от плотности образца, статированной температуры в сушильном шкафу и начальной влажности торфяной почвы, таблица 22. С учётом вышесказанного получаем:

$$T_{ц1} = T_{цн1} + \Delta \tau_1 \cdot \left(d_V \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{ОКР} \right)^{U \cdot F}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (64)$$

Принимая во внимание то, что значение температуры в теплофизическом центре испытуемого образца торфяной почвы в точке 1 достигает половины значения температуры поддерживаемой в рабочей камере сушильного шкафа, то

есть выполняется условие $T_{ц1} = \frac{1}{2} \cdot T_{окр}$, уравнение (64) можно записать в следующем виде, выразив из него $\Delta\tau_1$ - временной интервал достижения температуры теплофизического центра торфяной почвы характерной точки 1:

$$\Delta\tau_1 = \frac{\frac{1}{2} \cdot T_{окр} - T_{цн1}}{\left(d_V \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{окр}\right)^{U \cdot F}}, \text{ минуты} \quad (65)$$

Таблица - 21 Результаты математического моделирования и экспериментальных исследований времени достижения теплофизическим центром торфяного слоя температуры характерной для точки 1 при температурах выше критических

Объёмная плотность торфа d_V , г/см ³	Темп. воздуха в сушильном шкафу $T_{окр}$, °C	$\Delta\tau_1$ полученные опытным путём, минуты	$\Delta\tau_1$ получен. расчётным путём, минуты	Температура $T_{ц1}$, °C	U , гр/мин	Расхождение значений $\Delta\tau_1$ расчётных и опытных, %
0,13	210	23	24,5	105	0,015	6,5
0,14	210	25	23,1	105	0,02	7,6
0,18	210	29	27,1	105	0,033	6,6
0,16	175	26	24,4	87,5	0,016	6,2
0,17	175	31	30	87,5	0,017	3,3
0,21	175	39	36,9	87,5	0,023	5,4

По уравнению (65) выполнен расчёт, а его результаты были сравнены с результатами экспериментальных исследований, таблица 21.

Из анализа таблицы 21 видно, что расчёт по уравнению 65 достаточно точен, максимальный процент расхождения между расчётными и экспериментальными данными составляет 7,6%.

Рассмотрим третье уравнение моделирующие процесс изменения температуры теплофизического центра от характерной точки 1 до критической точки 2 при температурах выше критических:

$$T_{ц2} = T_{цн2} + \Delta T_{ц2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (66)$$

где:

$T_{ц2}$ —температура теплофизического центра торфяного слоя в точке 2, $^\circ\text{C}$, численно равная $T_{ОКР}$;

$T_{цн2}$ —начальная температура теплофизического центра торфяного слоя для расчёта точки 2, численно равная $1/2 \cdot T_{ОКР}$, $^\circ\text{C}$;

$\Delta T_{ц2}$ —приращение температуры теплофизического центра торфяного слоя за интервал времени, $^\circ\text{C}$.

При нагреве теплофизического центра образца торфа на температурном участке между точками 1 и 2, основными являются процессы самонагрева испытуемого материала, которые по своей природе относятся к окислительно-химическим. Значение влажность образца торфяного материала на анализируемом участке составляет 0%, и поэтому она не может оказывать влияния на процесс самонагрева как в предыдущем уравнении. С учётом вышесказанного для расчёта $\Delta T_{ц2}$ было предложено уравнение:

$$\Delta T_{ц2} = \Delta \tau_2 \cdot \left(d_v \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{ОКР} \right)^{\frac{\delta_{*\infty}}{m}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (67)$$

где:

$\Delta \tau_2$ —временной интервал теплофизического центра торфяной почвы между точками 1 и 2, мин;

m —масса абсолютно сухой торфяной почвы грамм, или масса реагирующего вещества в граммах;

$\delta_{*\infty}$ —критерий Франка-Каменецкого при критических условиях самовозгорания, определяется по E и $T_{ОКР}$.

Преобразуем уравнение (75), выразив $\Delta\tau_2$ с учётом равенства $\Delta T_{Ц2} = T_{ОКР} - \frac{1}{2} \cdot T_{ОКР}$:

$$\Delta\tau_2 = \frac{T_{ОКР} - \frac{1}{2} \cdot T_{ОКР}}{\left(d_V \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{ОКР}\right)^{\delta_{*\infty}}}, \text{ минут} \quad (68)$$

По уравнению (68) выполнен расчёт $\Delta\tau_2$, результаты которого приведены в Таблице 22.

Таблица – 22 Результаты моделирования температуры теплофизического центра торфяного слоя до критической точки 2

Объёмная плотность торфа d_V , г/см ³	Температура воздуха в сушильном шкафу $T_{ОКР}$, °С	$\Delta\tau_2$ полученные опытным путём, минуты	$\Delta\tau_2$ расчётным путём, минуты	$\delta_{*\infty}$	m , грамм	Расхождение значений $\Delta\tau_2$ расчётных и опытных, %
0,13	210	10,5	11,2	2,86	2,82	6,7
0,14	210	11	11,7	2,86	2,98	6,4
0,18	210	17	15,8	2,86	3,83	7,1
0,16	175	14	13,4	2,86	3,41	4,3
0,17	175	15	14,3	2,86	3,62	5
0,21	175	19	17,6	2,86	4,47	7,4

Из сравнения экспериментальных и расчётных данных по $\Delta\tau_2$, приведённых в таблице 22, видно, что расхождение между ними находится в допустимых пределах. Из приведённых трех уравнений расчётными для определения времени достижения критической точки 2 являются уравнения второе и третье, первое уравнение является дополнительным и показывает, что температура поверхности торфяного грунта достигает температуры окружающей среды задолго до возникновения условий самовозгорания, критической точки 2.

Итоговая точность расчёта общего времени до возникновения критических

условий для самовозгорания торфяной почвы $\Delta\tau = \Delta\tau_1 + \Delta\tau_2$ приведена в Таблице 23.

Таблица 23 – Точность расчёта $\Delta\tau = \Delta\tau_1 + \Delta\tau_2$ по разработанным уравнениям по сравнению с опытными данными

Объёмная плотность торфа $d_V, \text{ г/см}^3$	Температура воздуха в сушильном шкафу $T_{\text{окр}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Расхождение значений $\Delta\tau$ расчётных и опытных, %
0,13	210	13,2
0,14	210	14
0,18	210	13,7
0,16	175	10,5
0,17	175	8,3
0,21	175	12,5

3.4.4 Разработанная модель самовозгорания торфяной почвы при температурах воздуха ниже критических

В данном разделе рассматривается математическая модель самовозгорания торфяного грунта при докритических температурах воздуха, т.е. ниже 100°C . По результатам экспериментальных исследований процесс самовозгорания при температурах ниже критических можно описать системой из четырёх уравнений.

Первое уравнение описывает процесс нагрева поверхности торфа до температуры воздуха окружающей среды, и оно является общим для расчёта при критических температурах и температурах ниже критических.

Второе уравнение моделирует процесс нагрева теплофизического центра торфяной почвы до характерной точки 1, и оно также является общим для всех рассматриваемых температур воздуха окружающей среды.

Третье уравнение моделирует временной интервал теплофизического центра на входе в точку 1 и выходе из точки 1.1.

Четвёртое уравнение моделирует процесс нагрева теплофизического центра торфяной почвы на выходе из точки 1.1 до точки 2.

Расчёт температуры поверхности торфяной почвы выполнен при температуре окружающего воздуха 90°C , и результаты расчёта были сравнены с результатами экспериментальных исследований, таблица 24. Рассчитаем по второму уравнению процесс нагрева центра исследуемого торфяного слоя до характерной точки 1, результаты приведены в таблице 25

Уравнение можно применять для расчётов при температурах воздуха ниже критических максимальный процент расхождения между расчётными и экспериментальными данными составляет 6,5% и данное уравнение пригодно для практического использования в целях прогнозирования. Рассмотрим третье уравнение, моделирующее временной интервал прямолинейного участка температуры теплофизического центра торфяной почвы при значении $\frac{1}{2} \cdot T_{OKP}$ между характерными точками 1 и 1.1.

Таблица 24 – Результаты экспериментальных исследований и математического моделирования времени достижения поверхностью торфяной почвы температуры T_{OKP} при температурах ниже критических

Объёмная плотность торфа d_V , г/см ³	Температура воздуха в сушильном шкафу T_{OKP} , °C	$\Delta\tau_{II}$ полученные опытным путём, минуты	$\Delta\tau_{II}$ полученные расчётным путём, минуты	Температура поверхности торфа T_{II} , °C	Расхождение значений $\Delta\tau_{II}$ расчётных и опытных, %
0,16	90	36	33,8	90	6,1
0,18	90	41	41	90	0

Таблица 25 – Результаты математического моделирования и экспериментальных исследований времени достижения теплофизическим центром торфяного слоя температуры характерной для точки 1 при температурах ниже критических

Объёмная плотность торфа d_v , г/см ³	Темп. воздуха в сушильном шкафу $T_{окр}$, °С	$\Delta\tau_1$ полученные опытным путём, минуты	$\Delta\tau_1$ расчётным путём, минуты	Температура $T_{ц1}$, °С	U , гр/мин	Расхождение значений $\Delta\tau_1$ расчётных и опытных, %
0,16	90	11	10,4	45	0,039	5,5
0,18	90	20	18,7	45	0,021	6,5

Данный участок характеризуется тем, что в конечной точке 1.1. участка влажность слоя торфяной почвы равняется 0%. Уравнение представлено в следующем виде:

$$\Delta\tau_{1.1} = \frac{m_{вн} - \Delta\tau_1 \cdot U}{U}, \text{ минут} \quad (69)$$

где:

$\Delta\tau_{1.1}$ – интервал времени между характерной точкой 1 и точкой 1.1 в минутах;

$m_{вн}$ – стартовая или начальная масса воды в образце торфяной почвы, грамм.

В таблице 27 приведены результаты моделирования и экспериментальных исследований $\Delta\tau_{1.1}$ при температурах воздуха окружающей среды ниже критических. Таким образом, можно считать, что приведённая погрешность вычислений в таблице 26 является суммарной для системы уравнений.

Таблица 26 – Результаты моделирования и экспериментальных исследований $\Delta\tau_{1.1}$ при температурах воздуха окружающей среды ниже критических до тчк. 1.1

Объёмная плотность торфа d_V , грамм/см ³	Темп. воздуха в сушильном шкафу $T_{окр}$, °С	$\Delta\tau_{1.1}$ полученные опытным путём, минуты	$\Delta\tau_{1.1}$ полученные расчётным путём, минуты	m_{BH} , грамм	U , грамм/мин	Расхождение значений $\Delta\tau_1$ расчётных и опытных, %
0,16	90	47	46,5	2,22	0,039	1,1
0,18	90	102	102,2	2,54	0,021	0,2

Рассмотрим четвёртое уравнение моделирующее процесс изменения температуры теплофизического центра от характерной точки 1.1. до критической точки 2 при температурах ниже критических. Критерий Франка-Каменецкого $\delta_{*∞}$ определялся для некритичных условий, по Мержанову - для неограниченного цилиндра.

Из сравнения экспериментальных и расчётных данных по $\Delta\tau_2$, приведённых в таблице 27 видно, что расхождение между ними находится в допустимых пределах. Из приведённых четырёх уравнений расчётными для определения времени достижения критической точки 2 являются уравнения второе, третье и четвёртое уравнение. Первое уравнение является дополнительным и показывает, что температура поверхности торфяной почвы достигает температуры окружающей среды задолго до возникновения условий самовозгорания, критической точки 2. Таким образом, окончательная точность вычисления $\Delta\tau$ определяется суммой уравнений от начала расчёта до точки 2, таблица 28.

Таблица 27 – Результаты моделирования времени достижения температуры теплофизическим центром торфяного слоя от точки 1.1 до точки 2 при температурах ниже критических

Объёмная плотность торфа d_V , г/см ³	Темп. воздуха в сушильном шкафу T_{OKP} , °C	$\Delta\tau_2$ получены опытным путём, минуты	$\Delta\tau_2$ получены расчётным путём, минуты	$\delta_{*\infty}$ для не критических условий	m , грамм	Расхождение значений $\Delta\tau_2$ расчётных и опытных, %
0,16	90	40	37,8	0,38	3,41	5,5
0,18	90	41	38	0,38	3,83	7,3

Таблица 28 – Точность вычислений времени до точки 2 при температуре воздуха окружающей среды ниже критических, по сравнению с опытными данными

Объёмная плотность торфа d_V , г/см ³	Температура воздуха в сушильном шкафу T_{OKP} , °C	Расхождение значений $\Delta\tau$ расчётных и опытных, %
0,16	90	6,6
0,18	90	7,5

3.4.5 Выводы по главе

1. С повышением температуры скорость тепловыделения растёт в геометрической прогрессии, а теплоотвод, в свою очередь, изменяется по прямой пропорциональности. В результате этих процессов скорости теплоотвода и тепловыделения становятся равными и возникают критические условия.

2. Из анализа проведенных лабораторных экспериментов следует, что временной интервал до начала процесса самовозгорания образцов используемых в эксперименте менялся в зависимости от значения объемной плотности материала. С повышением объемной плотности образцов торфа увеличивалось время до возникновения процесса самовозгорания.

3. Изменение естественного водного режима торфяных почв, связанное с проведением мелиоративных мероприятий, таких как осушение, или неблагоприятные климатические условия в пожароопасный сезон, влечёт за собой изменение остальных режимов, которые находятся в тесной взаимосвязи между собой.

4. При понижении уровня грунтовых вод температура верхних слоёв торфяной почвы повышается. Повышение температуры верхних слоёв почвы связано с тем, что при уменьшении влажности почвы снижается её теплопроводность, и тепло, поступающее за счёт солнечной радиации, меньше отводится в нижележащие почвенные слои, и накапливается в верхнем слое почвы, что в свою очередь увеличивает возможность возникновения торфяного пожара.

5. Разработанные математические модели позволяют с высокой точностью прогнозировать развитие процессов самовозгорания в торфяной почве.

ГЛАВА 4 Результаты полевых исследований. Доработка математической модели самовозгорания торфяной почвы

4.1. Краткая характеристика объекта полевых исследований

Экспериментальные исследования проводились на осушенном болоте «Кальское», расположенном на землях Рязанского района Рязанской области. Площадь объекта составляет 309 гектаров. Водное питание — грунтовое. Почва торфяная низинная, глубина торфа составляет от 0,8 до 1,5 м. Коэффициент фильтрации 1,04 - 1,14 м/сут. Степень разложения торфа составляет 45-53 %, зольность 22-28%, рН солевой вытяжки 5,5 - 6,0. Осушается объект глубокими редкими каналами, врезанными дном в песок. Расстояние между собирателями 300 м, ловчими - 500 м. Глубина грунтовых вод в зависимости от метеорологических условий колеблется в среднем за вегетацию от 1,2-1,5 м от поверхности. Используется мелиоративный объект «Кальское» в системе овоще-кормового севооборота.

4.2. Цель, методика проведения и результаты полевых исследований самовозгорания торфяной почвы

Целью исследований являлось изучение режимов влажности и температуры поверхности и внутренних слоёв торфяной почвы на осушенном поле, используемом под многолетние травы, и на естественном болоте. Опытные площадки были заложены в трёх вариантах:

1) на осушенном торфянике, который используется под многолетние травы, была заложена квадратная площадка площадью 1 м² и очищена от растительности, рисунок 22;

2) на осушенном торфянике измерения проводились рядом с первым вариантом непосредственно на площади занятой многолетними травами, рисунок 23;

3) в данном варианте измерения проводились на естественном болотном массиве с естественной растительностью, рисунок 24.

В летний период времени на опытных площадках производились следующие измерения:

1) температуры: воздуха над поверхностью почвы, поверхности почвы 0 см, в центре слоя торфяной почвы 0 – 5 см, в центре слоя торфяной почвы 5 – 10 см, в центре слоя торфяной почвы 10 – 15 см;

2) влажности: поверхности торфяной почвы, в центре слоя торфяной почвы 0 – 5 см, в центре слоя торфяной почвы 5 – 10 см, в центре слоя торфяной почвы 10 – 15 см.

Так же на поле и на естественном болотном массиве велись наблюдения за уровнем грунтовых вод, таблица 29 и рисунок 31. Измерения проводились в дневное время суток в 9^{00} , 13^{30} и 17^{30} .



Рисунок 22 – Площадка на осушенном торфянике очищенная от растительности



Рисунок 23 – Осушенный торфяник под многолетними травами



Рисунок 24 – Естественный болотный массив

Таблица 29 – Результаты наблюдений за УГВ и влажностью почвы на болоте «Кальское»

Дата наблюдений	Влажность почвы, в % от абсолютно сухой массы										
	Торфяная почва, см				На растительности, см			Болото, см			
	УГВ	0-5	5-10	10-15	0-5	5-10	10-15	УГВ	0-5	5-10	10-15
24.07.08.	99	107,9	110,3	115,8	108,0	110,5	113,4	67	110,7	111,0	112,5
26.07.08.		106,7	110,2	113,0	107,2	110,4	113,6		108,3	108,9	109,7
28.07.08.	100	105,5	108,1	109,5	104,6	108,0	110,3	70	107,2	108,8	110,3
30.07.08.		108,5	108,3	109,4	108,8	108,5	110,0		109,5	110,2	112,1
1.08.08.	101	96,9	95,6	90,1	95,1	96,0	93,2	72	99,8	100,1	102,8
3.08.08.		84,0	88,2	88,3	83,8	84,6	86,3		88,2	92,3	98,1
5.08.08.		83,4	84,8	86,2	83,5	84,2	85,6		86,3	90,4	97,3
7.08.08.	102	83,0	84,5	87,0	82,4	82,8	86,5	75	84,2	88,5	92,4
9.08.08.		76,2	78,3	80,2	75,3	77,6	82,4		80,4	86,3	92,2
11.08.08.		74,2	78,0	80,1	73,1	76,8	80,2		80,0	84,6	91,3
13.08.08.	106	72,3	78,1	80,4	72,0	76,5	80,1	87	76,5	80,4	90,4
15.08.08.		70,9	76,2	78,5	70,5	74,3	78,6		74,4	78,5	88,7
17.08.08.		68,0	74,3	78,4	67,2	72,7	78,4		70,9	76,6	86,3
19.08.08.	110	66,2	72,5	74,6	65,2	70,4	74,3	92	70,2	77,1	86,8
21.08.08.		66,0	72,4	73,8	65,0	70,2	73,9		68,1	76,4	86,5
23.08.08.		64,2	70,7	73,5	63,4	68,1	70,5		66,2	76,0	85,8
25.08.08.	112	63,5	68,4	72,2	63,0	67,3	70,6	93	64,1	74,2	80,9
27.08.08.		63,0	67,9	71,9	62,8	67,0	70,1		64,3	74,0	80,5
29.08.08.		66,8	67,8	71,8	65,1	66,9	70,0		66,4	73,9	80,3
31.08.08.	114	69,3	68,2	72,2	67,5	67,4	70,8	95	69,0	74,3	80,7

Результаты полевых наблюдений за температурным режимом на опытных площадках по 1, 2 и 3 вариантах приведены на графиках, рисунки 25, 26, 27. Из анализа графиков видно, что наибольшая амплитуда колебаний температур наблюдалась по варианту 1 на площадке расположенной, на осушаемом поле без растительности, как на поверхности, так и по глубине исследуемых слоёв. Данный эффект объясняется тем, что торфяная почва без растительности обладает меньшей отражающей способностью, чем занятая растительностью, и большее количество солнечной радиации идет на её нагрев.

Из анализа данных по влажности торфяной почвы видно, что в 1 варианте влажность торфяной почвы во всех слоях была выше в июле и августе, чем во 2 варианте на растительности, рисунки 28, 29, 30. Данный эффект объясняется тем, что при большем нагреве поверхности, большее количество солнечной энергии

идёт на испарение влаги из торфяной почвы, и поток влаги через поверхность почвы в 1 варианте значительно выше. Влага из нижних слоёв при 1 варианте более активно по капиллярам подтягивается к поверхности, и за счёт этого влажность поверхности максимальная по сравнению со 2 вариантом, при одинаковом уровне грунтовых вод. В сентябре влажность торфяной почвы была отмечена выше на растительности (2 вариант), чем на почве без растительности (1 вариант), поскольку температуры воздуха были значительно ниже, чем в предыдущие месяцы, следовательно, и интенсивность испарения также была ниже. Поэтому наличие растительности, при более низких температурах воздуха, значительно уменьшало нагрев почвы и снижало физическое испарение с её поверхности, по сравнению с июлем и августом, что привело к увеличению влажности почвы при 2 варианте.

На естественном болоте (вариант 3) влажность торфяной почвы была выше, рисунок 30, чем в предыдущих вариантах за весь период наблюдений, за счёт более высокого уровня грунтовых вод, рисунок 31, и наличия растительного покрова.

На торфяной почве (вариант 1, рисунок 25), за период проведения исследований температура поверхности почти всегда превышала температуру воздуха. Температура в слое 0 – 5 см в несколько раз превышала температуру поверхности почвы и температуру воздуха, то есть согласно лабораторным и теоретическим исследованиям создавалась предпосылка самовозгорания данного слоя торфяной почвы. Самовозгорания не произошло по нескольким причинам:

- 1) температуры воздуха и поверхности и данного слоя почвы, не достигли критических температур необходимых для процесса самовозгорания. Энергия, накопленная в данном слое, была ниже энергии активации необходимой для окислительных процессов, вызывающих саморазогрев и, в дальнейшем, самовозгорание торфяной почвы;

- 2) влажность слоя торфяной почвы препятствовала избыточному разогреву, так как значительная часть солнечной энергии уходило на испарение влаги;

3) вся толща торфяной почвы находилась в зоне подпитывания грунтовыми водами, которые создавали влажность в слоях почвы на фоне выпадения атмосферных осадков, что препятствовало созданию условий для самовозгорания торфа.

В слоях 5 – 10 см и 10 – 15 см температура была ниже, чем на поверхности торфа и в слое 0 – 5 см. Поэтому самовозгорание в них было не возможно по указанным выше причинам.

В варианте 2, на растительности, максимальные значения температур и их амплитуды были ниже, рисунок 26, чем в варианте 1. Самовозгорание при данном варианте не возможно по тем же причинам.

В варианте 3, на естественном болоте, при анализе результатов полевых исследований, рисунок 27, видно, что самовозгорание так же невозможно, как и в предыдущих вариантах.

Следует отметить, что предпосылка возникновения торфяного пожара, в период проведения исследований, возникла в слое 0-5 см, при понижении абсолютной влажности слоев торфяной почвы в режиме вынужденного зажигания от нагретых тел, таких как коллекторов выхлопных систем машин и механизмов, что показано на рисунках 25 - 27. Самовозгорание торфяной почвы не возникло по причине того, что энергия активации была ниже необходимых значений, из-за снижения температуры приземного слоя воздуха.

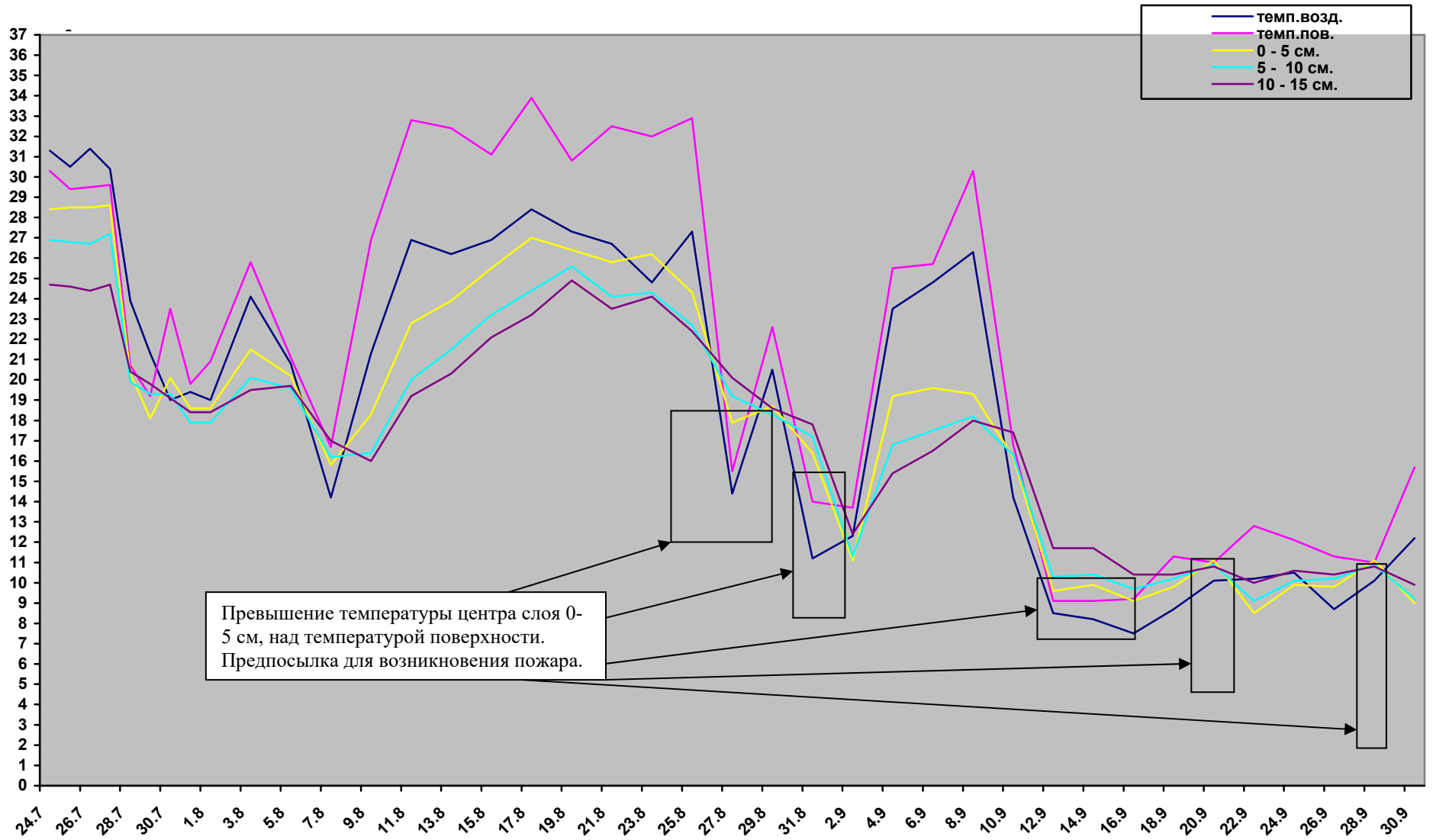


Рисунок - 25 Температурный режим торфяной почвы без растительности

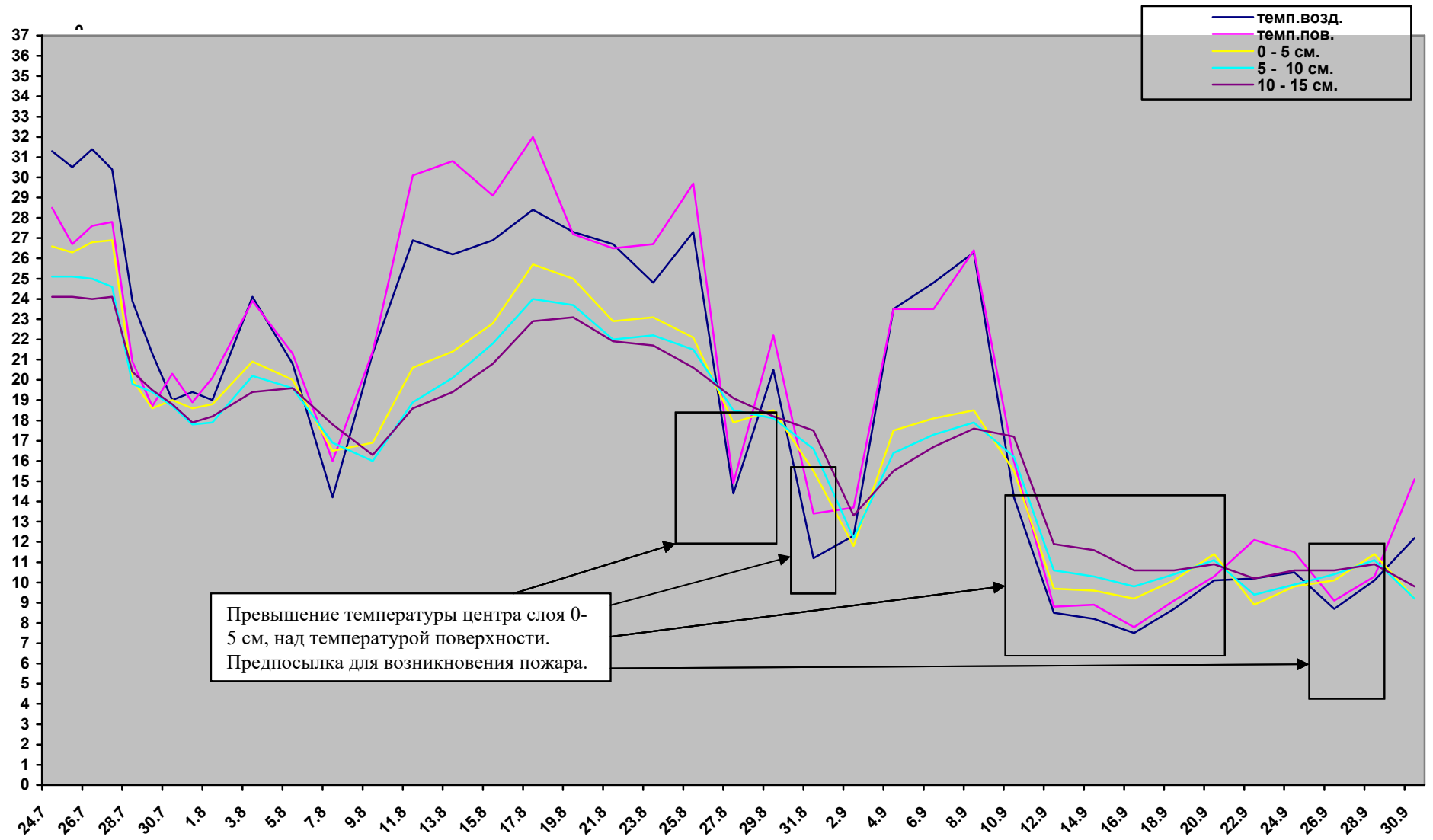


Рисунок - 26 Температурный режим на растительности

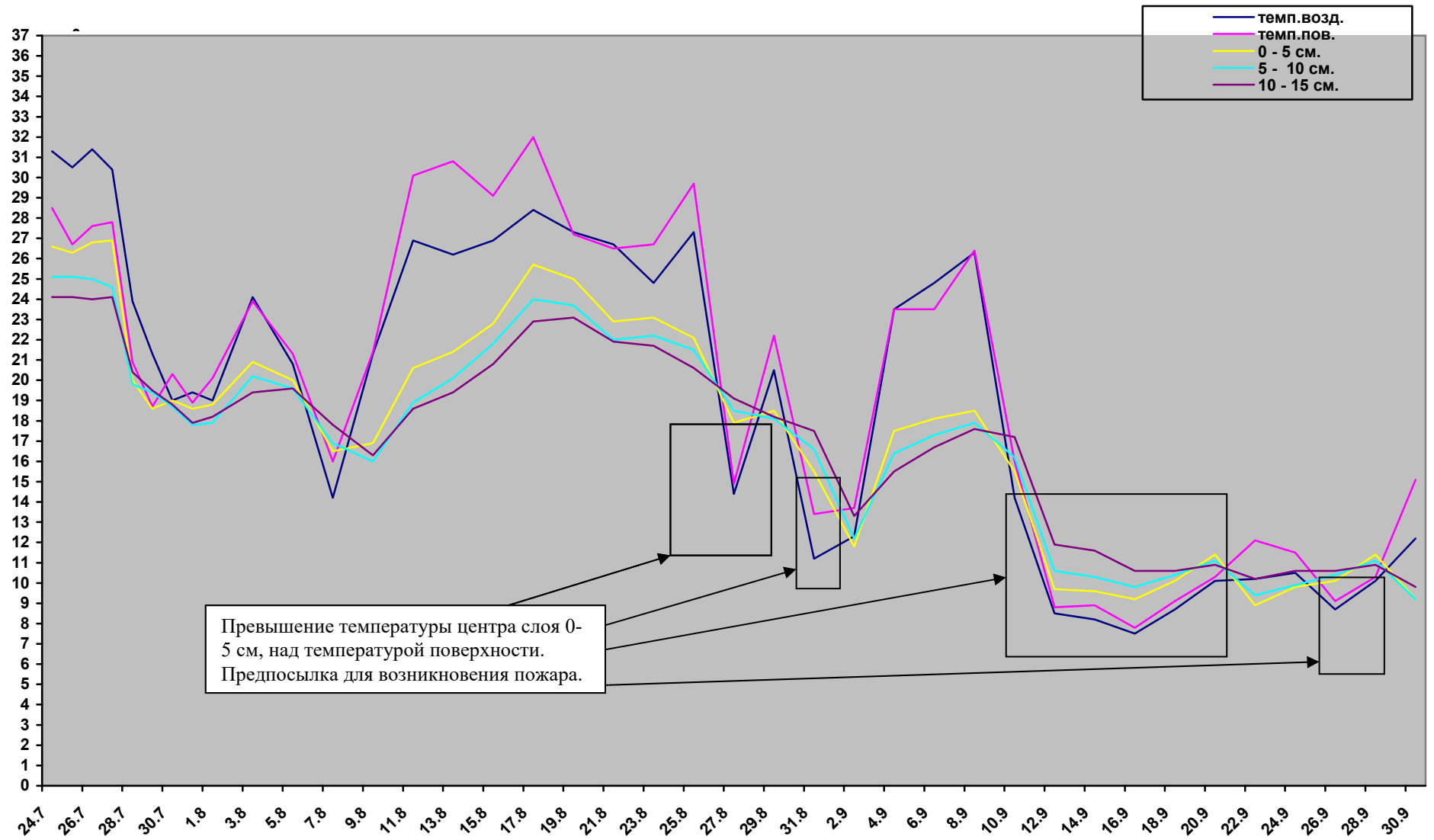


Рисунок - 27 Температурный режим болота

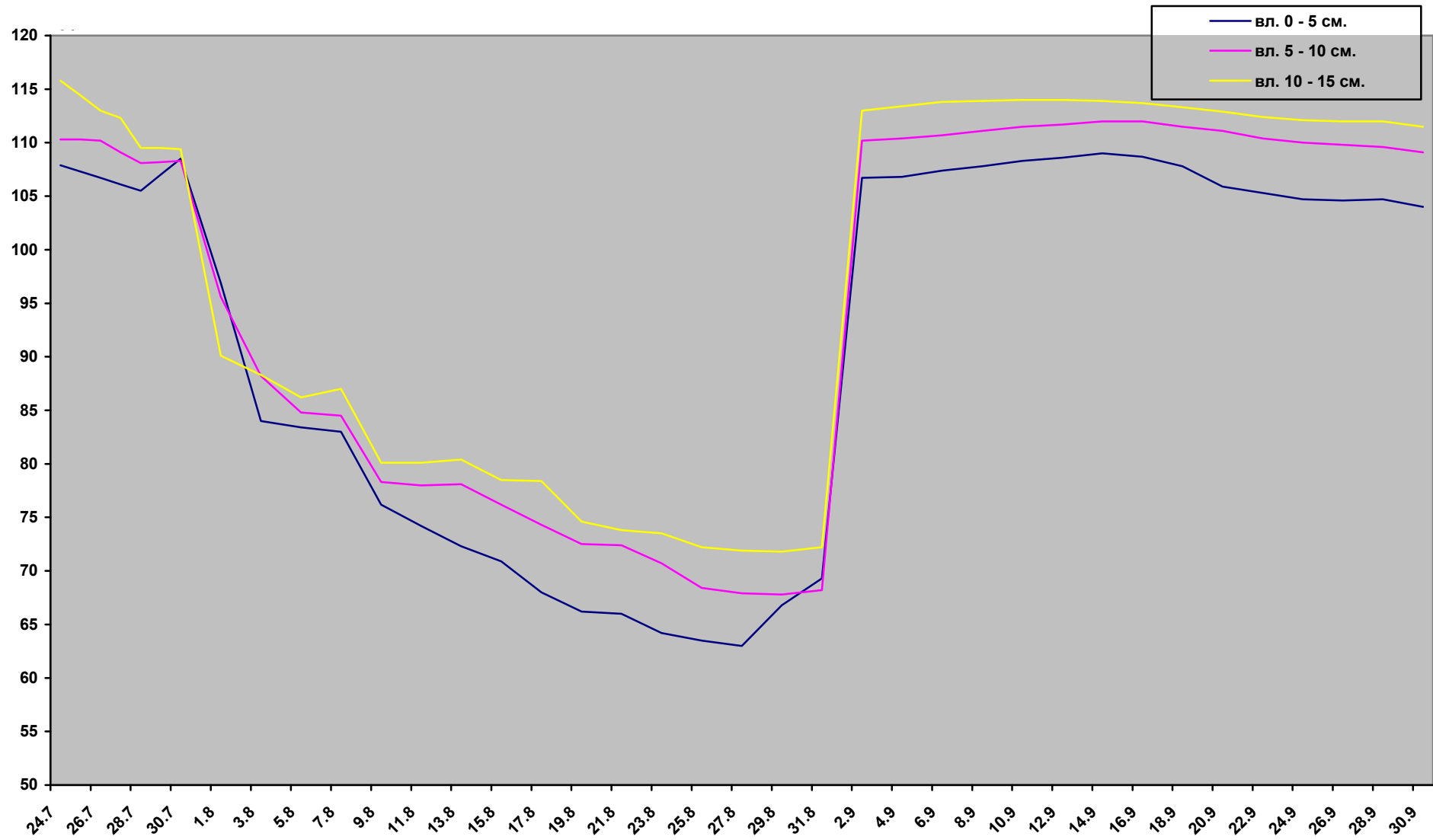


Рисунок - 28 Влажность торфяной почвы в % от абсолютно сухой массы

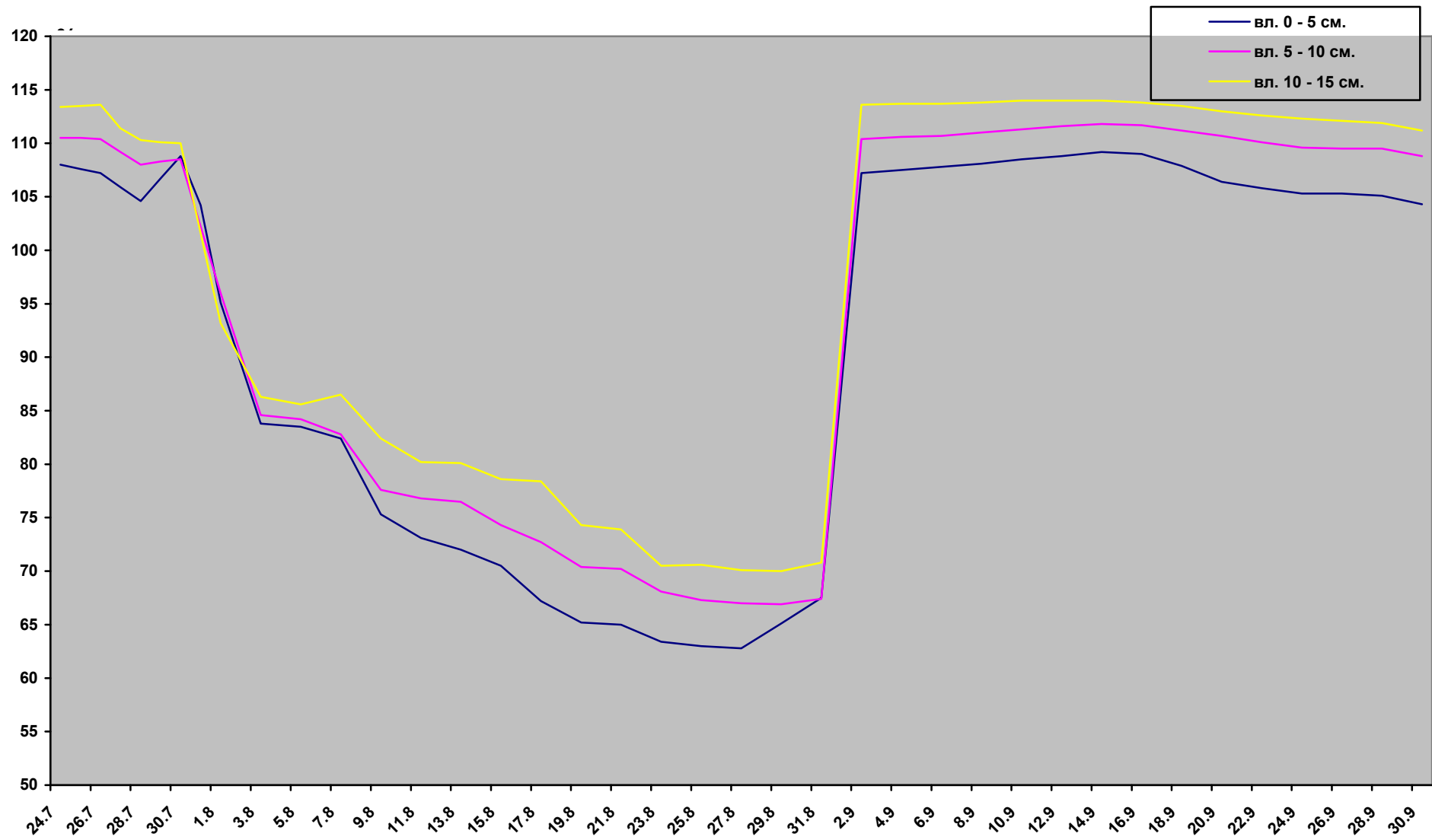


Рисунок - 29 Влажность торфяной почвы на растительности в % от абсолютно сухой массы

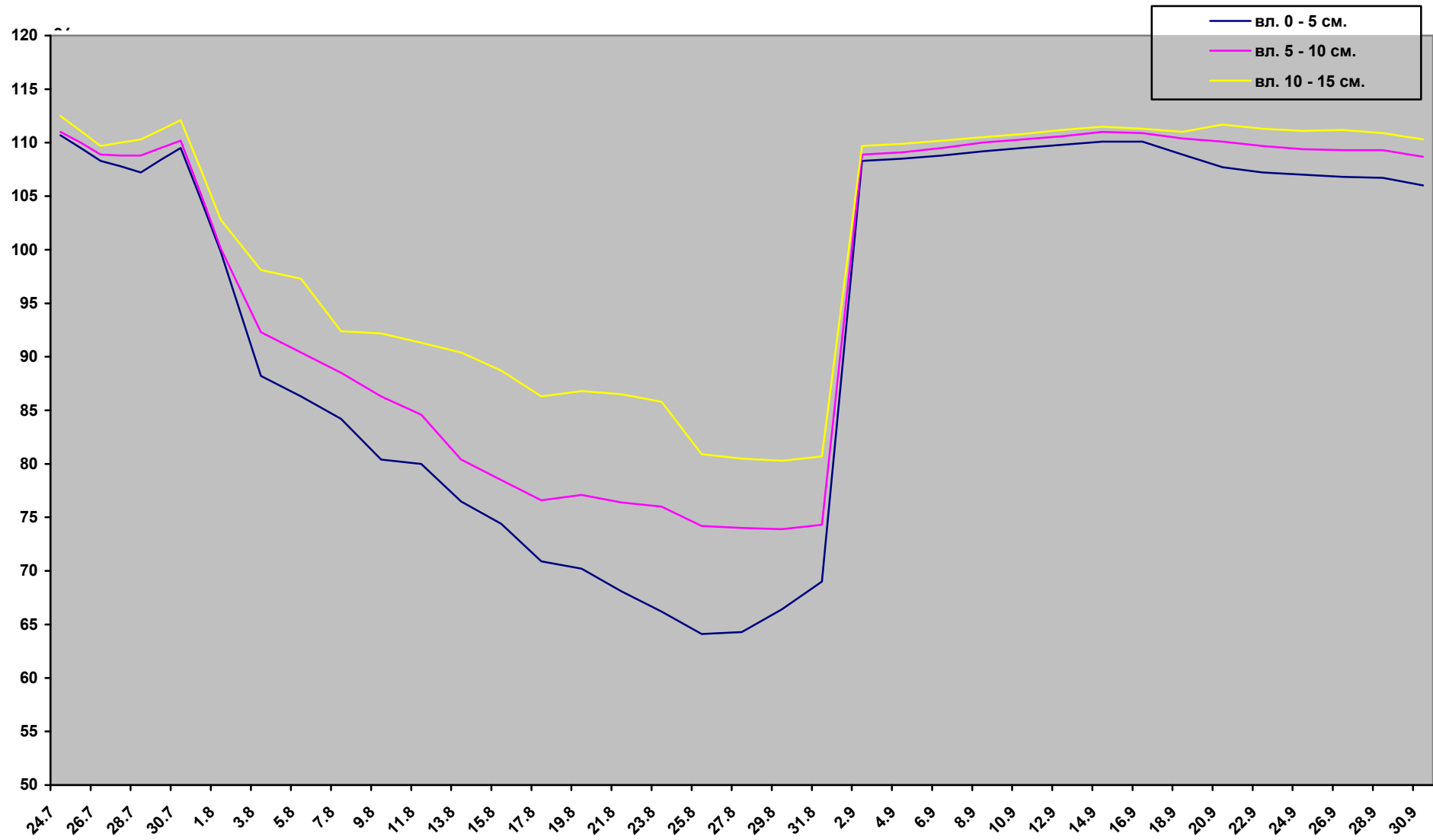


Рисунок - 30 Влажность торфяной почвы на болоте в % от абсолютно сухой массы

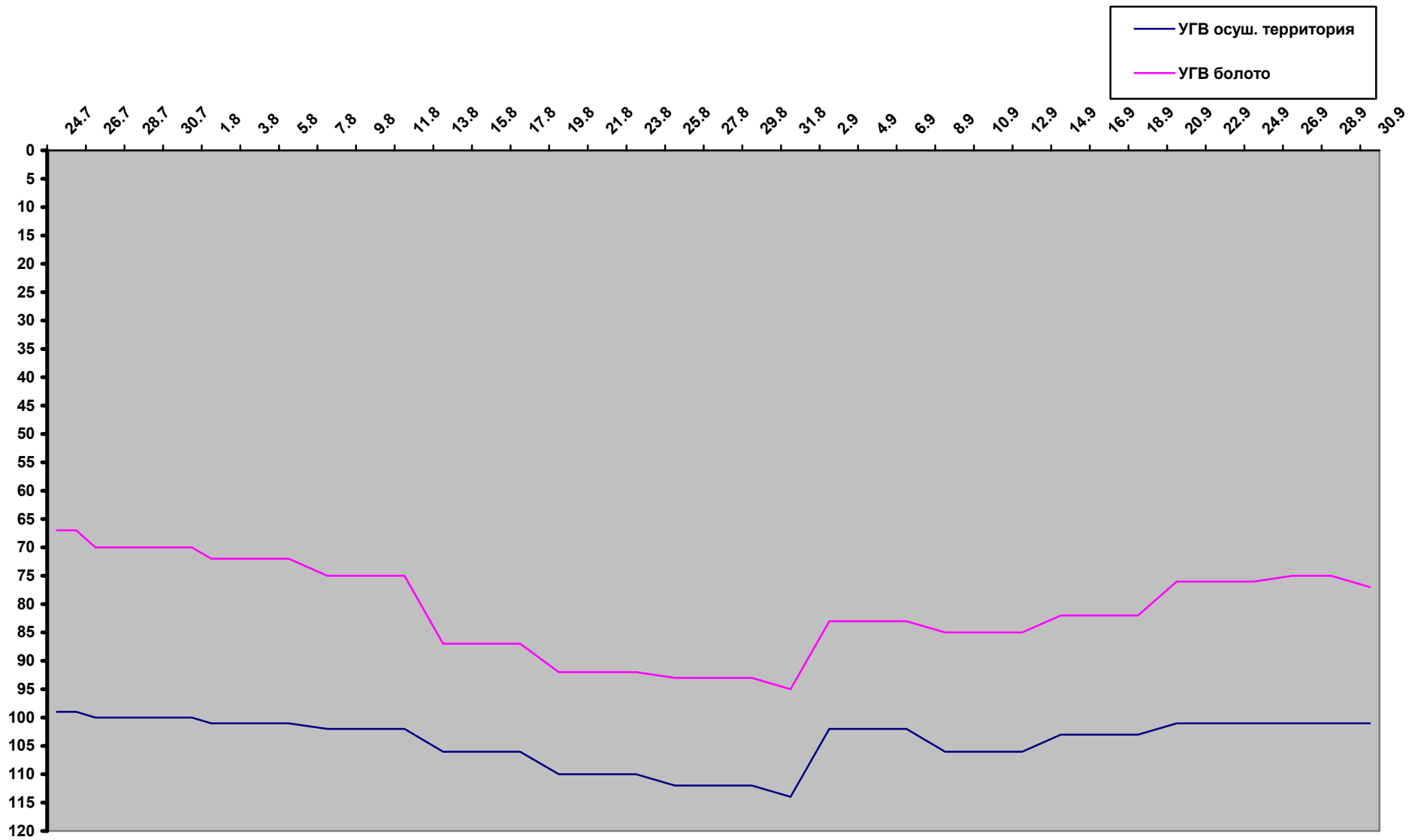


Рисунок - 31 Уровень грунтовых вод на осушенной территории и болоте в см

4.3. Влияние водного и теплового режима на теплофизические свойства торфяных почв.

Температурный режим торфяной почвы и приземного слоя воздуха формируется за счёт превращения лучистой энергии солнца на поверхности почвы. Уравнение теплового баланса, согласно закону сохранения энергии, представляет собой алгебраическую сумму тепловой энергии притекающей и покидающей деятельную поверхность почвы. Под деятельной поверхностью понимается та активная поверхность, при толщине слоя $\delta \rightarrow 0$, на которой происходит перераспределение солнечной радиации в другие виды энергии [42]. Для поверхности осушенной торфяной почвы в каждый момент времени оно может быть записано в виде [75]:

$$S_{\Pi} + S_p - S_o + I_A - I_3 - B - P - LE = 0 \quad (70)$$

где S_{Π} и S_p – прямая и рассеянная коротковолновая радиация, поступающая на деятельную поверхность почвы;

S_o – коротковолновая радиация, отражённая от деятельной поверхности почвы;

I_A – длинноволновое излучение атмосферы, представляющее часть коротковолновой радиации поглощённой водяными парами, газами, всевозможными примесями и излученное ими на землю;

I_3 – длинноволновое излучение земли;

P – поток тепла, определяемый, теплообменом поверхности почвы с вышележащими слоями воздуха;

LE – поток тепла, связанный с испарением или конденсацией (суммарное испарение);

L – скрытая теплота парообразования воды равная 600 кал/г;

B – поток тепла в почву, определяемый теплообменом поверхности, с низ лежащими слоями.

Данное уравнение справедливо для летнего периода и дневного времени суток. Если все виды лучистой энергии, притекающие и покидающие деятельную поверхность обозначить через R , то уравнение теплового баланса можно записать в виде:

$$R = (S_{\Pi} + S_P - S_O) + (I_A - I_3) \quad (71)$$

$$R_K = (S_{\Pi} + S_P - S_O) \quad (72)$$

$$R_D = I_A - I_3 \quad (73)$$

где R_K – баланс коротковолновой радиации;

R_D – баланс длинноволновой радиации или эффективное излучение земли;

R – радиационный баланс деятельной поверхности, оставшийся в результате всех потерь на излучение и отражение.

В общем виде, уравнение теплового баланса на деятельной поверхности, выражающее закон сохранения энергии записывается в следующем виде :

$$R - B - P - LE = 0. \quad (74)$$

Главными факторами, определяющими величину радиационного баланса, является высота солнца над горизонтом, облачность, прозрачность атмосферы, состояние деятельной поверхности (цвет, температура, шероховатость) [42].

В дневные часы основную часть радиационного баланса составляет коротковолновая радиация R_K , в ночные часы отсутствует и баланс равен эффективному излучению земли.

Основная часть радиационного баланса расходуется на турбулентный теплообмен P и влагообмен LE деятельной поверхности с окружающей средой. Тепло – и влагообмен поверхности торфяной почвы с прилегающими слоями воздуха происходит вследствие того, что в каждый данный момент времени, воздух омывающий почву, имеет температуру и влажность, отличную от температуры и влажности почвенной поверхности.

Значения величин суммарного испарения и турбулентного теплообмена зависит от разности температур и влажности между поверхностью торфяной

почвы и воздухом, а также структуры, направления и величины скорости ветра, шероховатости и структуры почвенной поверхности. В условиях отсутствия капиллярного подпитывания верхнего слоя торфяной почвы, по причине низкого стояния уровня грунтовых вод, и отсутствия выпадения осадков, наступает иссушение верхнего слоя почвы. При данных условиях составляющая $LE \approx 0$, и уравнение баланса принимает вид:

$$R - B - P = 0 \quad (75)$$

В этом случае больше энергии расходуется на нагрев почвы, вследствие чего увеличивается вероятность возникновения самовозгорания или зажигания торфа.

Процессы тепло - и влагообмена взаимосвязаны и могут быть представлены в следующем виде:

$$P = -K_B \cdot \rho_B \cdot C_{\rho_B} \cdot \frac{\partial t}{\partial z} = -A \cdot C_{\rho_B} \cdot \frac{\partial t}{\partial z} \quad (76)$$

$$LE = -L \cdot K_B \cdot \rho_B \cdot \frac{\partial q}{\partial z} = -A \cdot L \cdot \frac{\partial q}{\partial z} \quad (77)$$

где t, q – температура и упругость водяного пара в воздухе;

K_B, ρ_B – коэффициенты турбулентной теплопроводности, и плотность воздуха;

A – коэффициент обмена;

z – вертикальная координата.

Знак минус поставлен в данных уравнениях в связи с несовпадением положительного направления потока водяного пара (вверх) с направлением возрастания упругости водяного пара (вверх). Значение A в данных выражениях совпадает не полностью, однако в первом приближении их принимают равными [42, 51, 114].

Величина суммарного испарения LE состоит из физического испарения с поверхности почвы и транспирации. В разные периоды соотношение между этими величинами разное.

Для осушаемых низинных торфяных почв перераспределение испарения и транспирации можно увидеть по графику, построенному по данным Шебеко В.Ф., рисунок 33 [117].

При гибели растительности в результате обезвоживания торфяной почвы в основном будет наблюдаться физическое испарение с поверхности почвы, транспирация будет практически равна нулю.

Температурный режим почвы определяется теплообменом деятельной поверхности с низ лежащими слоями и зависит от теплофизических свойств почв, а также распределения температуры и влаги по глубине почвенного профиля. Тепловой поток может быть представлен в виде:

$$B = -k \cdot p \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial z}, \quad (78)$$

где k, p, c – коэффициенты температуропроводности, плотности и удельной теплоёмкости почвы;
 t – температура почвы.

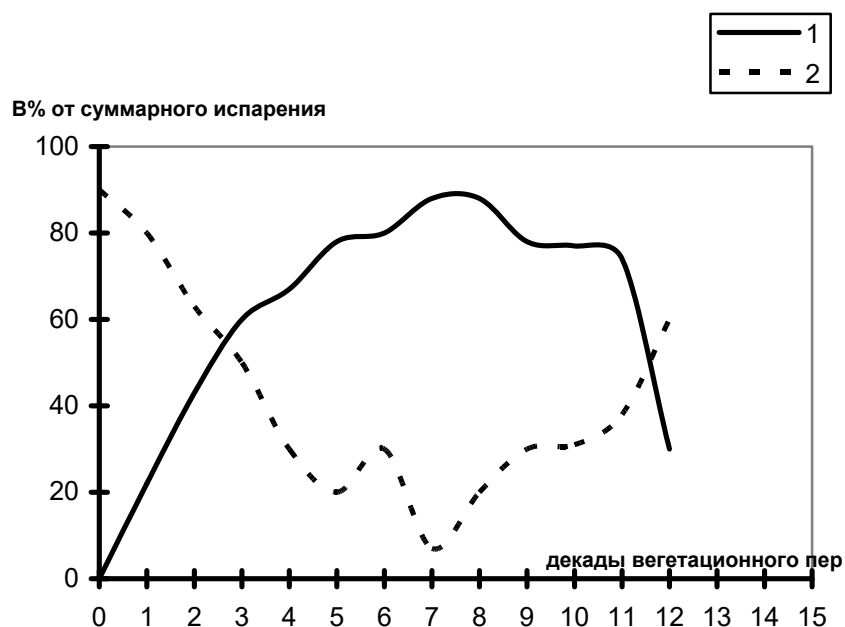


Рисунок - 32 Доли транспирации 1 и физического испарения с почвы 2 в % от суммарного испарения для низинной торфяной почвы на поле овса Шебеко В.Ф.

При покрытии поверхности почвы растительностью, часть лучистой энергии трансформируется растительным покровом, а именно: отражается листовой поверхностью, а также аккумулируется листовой поверхностью, и происходит транспирация [75]. Поэтому при наличии растительности принимается за уровень деятельной поверхности поверхность слоя вытеснения, равная 2/3 высоты растений [24,42,51,57,117]. Тогда уравнение теплового баланса для дневного времени суток можно записать в виде:

$$(S_{II} + S_p - S_0) + \left(C \cdot \Delta T + \lambda \cdot \frac{\Delta t}{\Delta z} \right) - A \cdot C_p \cdot \frac{\Delta t}{\Delta z} - A \cdot L \cdot \frac{\Delta q}{\Delta z} = 0 \quad (79)$$

где λ – коэффициент теплопроводности почвы.

Для ночного времени суток:

$$S_{II} = S_p = S_0 = R_k = 0 \quad (79.1)$$

$$(I_A - I_3) - \left(C \cdot \Delta T + \lambda \cdot \frac{\Delta t}{\Delta z} \right) \pm A \cdot C_p \cdot \frac{\Delta t}{\Delta z} \pm A \cdot L \cdot \frac{\Delta q}{\Delta z} = 0 \quad (80)$$

Ночью направление теплообмена с нижними слоями почвы меняется на противоположное и тепло от глубоких слоёв направляется к поверхности.

Снижение теплопроводности и объёмной теплоёмкости почвы при понижении уровня грунтовых вод и уменьшении капиллярного подпитывания, приводят к повышению температуры верхнего слоя почвы и увеличению суточных амплитуд колебаний температур, что видно из приведённых выше полевых исследований.

Понижение уровня грунтовых вод ведёт к уменьшению испарения за счёт снижения влажности. Осушение слоёв почвы значительно снижает их теплоёмкость и теплопроводность. Величина альбедо для чёрной торфяной почвы составляет 8 – 10 % и 20 – 23% для почвы покрытой растительностью [77]. По данным [78] величина LE за тёплый период времени составляет 58 – 96%, турбулентный обмен P 16 – 35% и обмен между слоями торфяной почвы B 0 – 5%. (Испарение за сутки 0,7 – 5,3 мм). Максимального значения LE достигает по результатам наблюдений в полуденные часы 12³⁰.

Таким образом, снижение уровня грунтовых вод ведёт к иссушению верхних слоёв торфяной почвы, и 80% солнечной энергии в период с апреля по август, которая расходовалась на суммарное испарение LE при влажности почвы $0,5W_{II} - 0,8W_{II}$ и уровни грунтовых вод 1–2 м., будет идти на нагрев почвы, что увеличивает возможность возникновения самовозгорания, тления или зажигания торфа под действием солнечной радиации.

Увеличение температуры верхних слоёв почвы при низком уровне грунтовых вод ещё объясняется тем, что при низкой влажности снижается коэффициент температуропроводности и тепло меньше проникает в нижние слои почвы. При высоком стоянии уровня грунтовых вод коэффициент температуропроводности почвы почти в двадцать раз выше за счёт влажности почвы. В данном случае тепло отводится в более глубокие и влажные слои почвы, где возникновение пожара невозможно из-за высокой влажности и недостатке окислителя, кислорода.

Особенности температурного режима верхнего слоя торфяных почв определяются процессами теплообмена с внешней средой и подстилающими слоями. Теплообмен зависит от термических коэффициентов торфа, таких как: λ - коэффициент теплопроводности, характеризующий степень проводимости тепла между слоями, кал/см сек град; K - коэффициент температуропроводности, характеризующий скорость распространения температуры, см²/сек; C_p - коэффициент объёмной теплоёмкости, характеризующий интенсивность изменения температуры слоя при нагреве и охлаждении, кал/см³ град.

Факторами, определяющими тепловые характеристики торфяной залежи являются: химико – минералогический состав, дисперсность, температура, порозность и влажность почвы. Определяющими из перечисленных факторов оказывающих основное влияние на тепловой режим, и характеристики торфа являются влажность и порозность [86, 90, 116, 118]. Перечисленными авторами так же были установлены зависимости между термическими коэффициентами, влажностью и объёмным весом торфа:

$$\lambda = (a \cdot W + b \cdot \rho - c) \cdot 10^{-4} \quad (81)$$

$$\lambda \cdot 10^5 = a \cdot e^{nW} \quad (82)$$

$$K = \frac{\lambda}{C_\rho} \quad (83)$$

где a, b, c, n - эмпирические коэффициенты.

Так же данными авторами установлена тенденция роста теплофизических коэффициентов с увеличением объёмного веса торфа, и как следствие влажности, что совпадает с нашими данными полученными экспериментальным путём в лабораторных условиях.

4.4 Доработка и проверка математической модели самовозгорания торфяных почв

Для доработки и проверки достоверности математической модели самовозгорания торфяной почв, разработанной на основе лабораторных экспериментальных исследований, проведём моделирование температуры поверхности торфяной почвы и слоя 0 – 5 см.

Исходя из методики проведения полевого эксперимента, моделирование будем производить по следующей методике. На каждые сутки за дневной промежуток времени на 9 часов утра задаём начальную температуру поверхности торфяной почвы, поскольку измерения температуры велись с указанного времени. Алгоритм расчёта следующий:

1) если температура окружающего слоя воздуха за предыдущие $T_{OKP(N-1)}$ сутки ниже или равна чем за текущие $T_{OKP(N)}$, выполняется условие $T_{OKP(N-1)} \leq T_{OKP(N)}$, то приращение температуры ΔT_{II} берём со знаком+;

2) если температура окружающего слоя воздуха за текущие $T_{OKP(N)}$ сутки ниже чем за предыдущие $T_{OKP(N-1)}$, выполняется условие $T_{OKP(N-1)} > T_{OKP(N)}$, то приращение температуры ΔT_{II} берём со знаком -

$$T_{II} = T_{II}^H + \Delta T_{II} \quad (84)$$

$$T_{II} = T_{II}^H + \Delta\tau_{II} \cdot \left(d_V \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{OKP} \right)^{1/F} \quad (85)$$

Температуру в слое торфяной почвы 0 – 5 см. будем определять, используя уравнения, которые вместе моделируют процесс нагрева теплофизического центра торфяной почвы до характерной точки 1. В процессе проведения экспериментальных полевых исследований торфяная почва подпитывалась влагой со стороны грунтовых вод и во время выпадения атмосферных осадков. В данных условиях, при наблюдаемых температурах окружающего воздуха и уровне грунтовых вод, обеспечивающих подпитку влагой слоя торфяной почвы, переход через характерную точку 1 был невозможен, что подтверждается проведёнными ранее экспериментальными лабораторными исследованиями.

Исходя из того, что при подпитывание грунтовыми водами слоя 0 – 5 см. торфяника только 2% энергии идёт на нагрев поверхности и слоя почвы, для указанных условий введём коэффициент 0,02, и запишем в виде:

$$T_{II} = T_{II}^H + \Delta\tau_{II} \cdot \left(d_V \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{OKP} \right)^{1/F} \cdot 0,02 \quad (86)$$

Расчёты по уравнению (95) и их сравнение с экспериментальными данными приведены на рисунке 33. При моделировании начальные значения T_{II}^H задавались из полученных экспериментальных полевых данных на 9⁰⁰ каждого дня, и расчёт велся до 17³⁰, поскольку в другое время наблюдения не велись.

Из сравнения графиков видно, что кривые экспериментальных и расчётных данных совпадают по своему алгоритму. Максимальное расхождение между ними составило 15,6%, минимальное 2,2%, а среднее 8,7%. Полученный результат говорит о том, что зависимость (86) можно использовать для моделирования температуры поверхности торфяной почвы в практических расчётах при прогнозировании возможности самовозгорания торфяных почв.

Для расчёта температуры теплофизического центра торфяной почвы в слое 0 – 5 см также введём коэффициент 0,02. При проведении экспериментальных полевых исследований, в отличие от лабораторных, слою торфяной почвы

подпитывались грунтовыми водами и атмосферными осадками, поэтому при расчете не будем учитывать интенсивность испарения влаги и запишем его в виде:

$$T_{ц1} = T_{цн1} + \Delta\tau_1 \cdot \left(d_V \cdot \frac{F}{V} \cdot T_{окр} \right) \cdot 0,02 \quad (87)$$

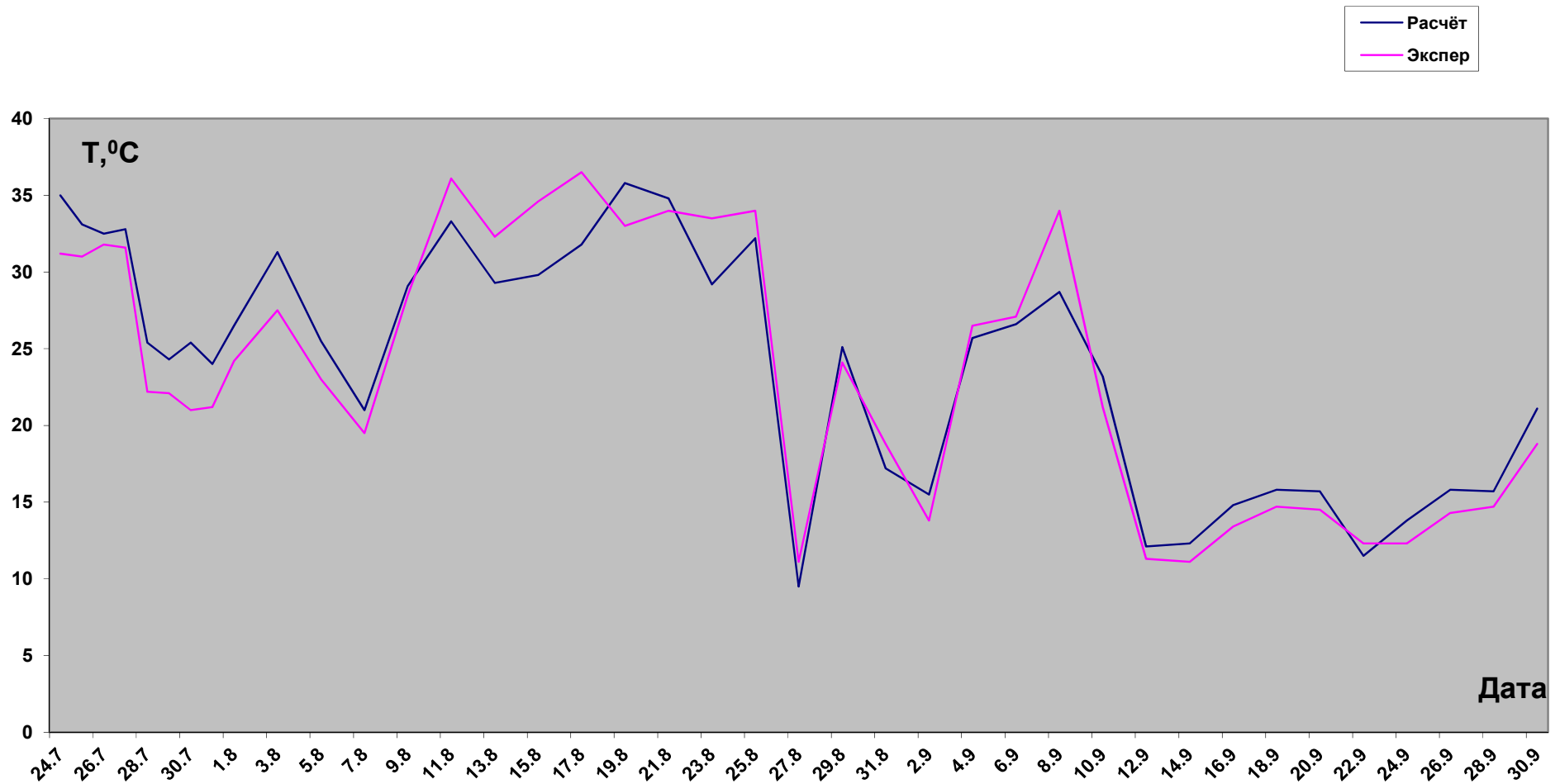


Рисунок 33 - Сравнение экспериментальных и расчётных данных температуры поверхности слоя осушенной торфяной
ПОЧВЫ

Результаты расчёта по зависимости (87) и их сравнение с экспериментальными полевыми исследованиями приведены на рисунке 33. При моделировании начальные значения $T_{цн1}$ задавались из полученных экспериментальных полевых данных на 9^{00} каждого дня, и расчёт велся до 17^{30} . Из сравнения графиков видно, что алгоритм кривых расчётных данных и моделирования совпадают. Максимальное расхождение между ними составило 18,3%, минимальное 1,6%, а среднее 9,2%, что говорит о том, что зависимость (87) изменения температуры теплофизического центра торфяной почвы, также можно использовать для математического моделирования и прогнозирования самовозгорания торфяных почв.

4.5 Выводы по главе

1. Результаты полевых наблюдений за температурным режимом на опытных площадках по 1, 2 и 3 вариантах приведены на графиках (рисунки 25, 26, 27). Из анализа графиков видно, что наибольшая амплитуда колебаний температур наблюдалась по варианту 1 на площадке расположенной, на осушаемом поле без растительности (которая наиболее приближена к черной культуре земледелия используемой в России) как на поверхности, так и по глубине исследуемых слоёв. Данный эффект связан с тем, что торфяная почва без растительности обладает меньшей отражающей способностью, чем занятая растительностью, и большее количество солнечной радиации идет на её нагрев.

2. На торфяной почве (вариант 1 рисунок 25), за период проведения исследований температура поверхности почти всегда превышала температуру воздуха. Температура в слое 0 – 5 см в несколько раз превышала температуру поверхности почвы и температуру воздуха, то есть согласно лабораторным и теоретическим исследованиям создавалась предпосылка самовозгорания данного слоя торфяной почвы.

3. В слоях 5 – 10 см и 10 – 15 см температура была ниже, чем на поверхности торфа и в слое 0 – 5 см., и самовозгорание в них было не возможно

по указанным выше причинам. Поэтому можно сделать вывод, что пожароопасным является верхний слой торфяной почвы, в котором возникает возгорание.

4. В условиях отсутствия капиллярного подпитывания верхнего слоя торфяной почвы, по причине низкого стояния уровня грунтовых вод, и отсутствия выпадения осадков, наступает иссушение верхнего слоя почвы.

6. Снижение теплопроводности и объёмной теплоёмкости почвы при понижении уровня грунтовых вод и уменьшении капиллярного подпитывания, приводят к повышению температуры верхнего слоя почвы и увеличению суточных амплитуд колебаний температур, что подтверждается проведенными полевыми исследованиями.

7. Снижение уровня грунтовых вод ведёт к иссушению верхних слоёв торфяной почвы, и 80% солнечной энергии идет на нагрев почвы, что увеличивает возможность возникновения самовозгорания, тления или зажигания торфа под действием солнечной радиации.

8. Доработанная математическая модель, с учетом полевых исследований, позволяет прогнозировать возможность возникновения торфяного пожара. Максимальное расхождение между расчетными и опытными полевыми данными составило 18,3%, минимальное 1,6%, а среднее 9,2%.

ГЛАВА 5 СОСТАВ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ

Серьезную проблему представляет окультуривание и использование выработанных торфяников. Площадь их в Нечерноземной зоне России превышает 400 тыс. га.

В России проблема рекультивации выработанных торфяников особенно актуальна в центральной части европейской территории РФ, где сосредоточено более 70% выработанных торфяников.

В основном в России используется черная культура освоения торфяников под овоще-кормовые севообороты, которая создает предпосылки для возгорания торфяной почвы за счет ее открытости для воздействия солнечной радиации в условиях низкого расположения грунтовых вод и как результат разрыв капиллярной каймы с верхними слоями почвы, и как следствие изменение их теплофизических свойств в сторону создания предпосылок к возникновению возгорания торфяной почвы.

В период вегетации сельскохозяйственных культур торфяные почвы высыхают до пожароопасного состояния. Не только из-за отсутствия осадков, высыханию способствует возделываемые культуры, которые работают как испаритель воды за счет высокой транспирации или испарительной способности.

Как отмечалось ранее, тушение торфяных пожаров чрезвычайно сложно и трудно, особенно больших пожаров, когда горит слой торфа значительной толщины. Торф обладает свойством гореть внутри почвенного горизонта практически во всех направлениях вне зависимости от розы ветров, даже во время обильных дождей и снегопадов. Часто горение торфа в почвенном горизонте продолжается даже при установлении устойчивого снегового покрова. Практика показывает, что тушение очагов возгорания торфа требует больших финансовых, технических и людских затрат, и не всегда удаётся добиться желаемого эффекта, что объясняется физико-химическими свойствами торфов, а именно тем, что торф является мощным водопоглотителем. Также он обладает большой поглотительной способностью по отношению ко многим элементам, что

требует в свою очередь больших затрат воды и огнетушащих растворов для его тушения.

Еще одним фактором, осложняющим борьбу с пожарами на торфяниках, является то, что торф обладает высокой теплотворностью, из-за содержания в нём битумов как отмечалось в первой главе. Горение нижних слоев торфяной почвы идет устойчиво и не может быть остановлено тушением поверхностных очагов водой или непродолжительными осадками. На основе вышесказанного можно сделать вывод, что наиболее эффективным и целесообразным со всех позиций являются предупредительные и профилактические мероприятия, направленные на недопущения возгорания торфяников.

Определение торфяно-болотные техно системы означает внедрение в естественную болотную экосистему извне элементов техносферы. Экстенсивные методы восстановления болотных экосистем и создания нового слоя торфа, представляют собой мало управляемый природный процесс.

Плотность торфа считается максимально устойчивой характеристикой. Её величина способна колебаться в узком диапазоне от 1,65 и до 1,43 г/куб см для верхового торфа и от 1,78 до 1,56 г/куб см для низинных слоёв.

В качестве существующих противопожарных, профилактических мероприятий наиболее эффективным является вовлечение выработанных торфяников в сельскохозяйственный оборот и применение специальных обработок с использованием комплекса машин в условиях черной культуры освоения, при которых происходит изменение водно-физических свойств слоя торфа, что препятствует возникновению пожара, что видно из данных приведенных в таблице 31 и рисунке 34 полученных при проведении лабораторных и полевых исследований.

Таблица 30 - Физико-механические характеристики торфа

Физико-механические характеристики торфа	Вид торфа		
	слабораз- ложившийся	среднераз- ложившийся	сильнораз- ложившийся
Степень разложения R , %	Менее 20	20-45	Более 45
Полезная влагоемкость $W_{п}$, %	1400-3000	900-1400	400-900
Плотность торфа γ , г/см ³	0,7-1,0	0,8-1,1	0,8-1,2
Плотность частиц торфа $\gamma_{уд}$, г/см ³	1,6-1,7	1,5-1,6	1,5-1,7
Плотность сухого торфа γ_s , г/см ³	0,04-0,07	0,08-0,10	0,11-0,16
Коэффициент пористости ε_w	Менее 22	22-13	13-7
Содержание связанной воды $W_{св}$, %	55	58	60
Коэффициент фильтрации $K_{ф}$, см/с	$10^{-3} - 10^{-4}$	$10^{-4} - 10^{-5}$	$10^{-5} - 10^{-6}$
Коэффициент бокового давления ξ	0,4-0,8	0,4-0,8	0,4-0,8
Коэффициент поперечного расширения μ	0,10	0,20	0,35
Модуль общей деформации E , кПа	30-120	50-200	70-300

Таблица 31 - Время достижения пожарной опасности торфяника в зависимости от его плотности г/см³

Объёмная плотность торфа d_v , грамм/см ³	Время в сут. лабораторные условия	Время в сут. полевые условия
Плотность слоя торфа в слое 0-20 см., после торфоразработок		
0,16	0,068	6,7
0,18	0,11	11,09
0,2	0,16	15,45
0,22	0,2	19,8
0,24	0,25	24,3
Плотность торфа в естественном сложении		
0,7	1,29	125,9
1,0	1,97	192,6
1,2	2,44	239,35

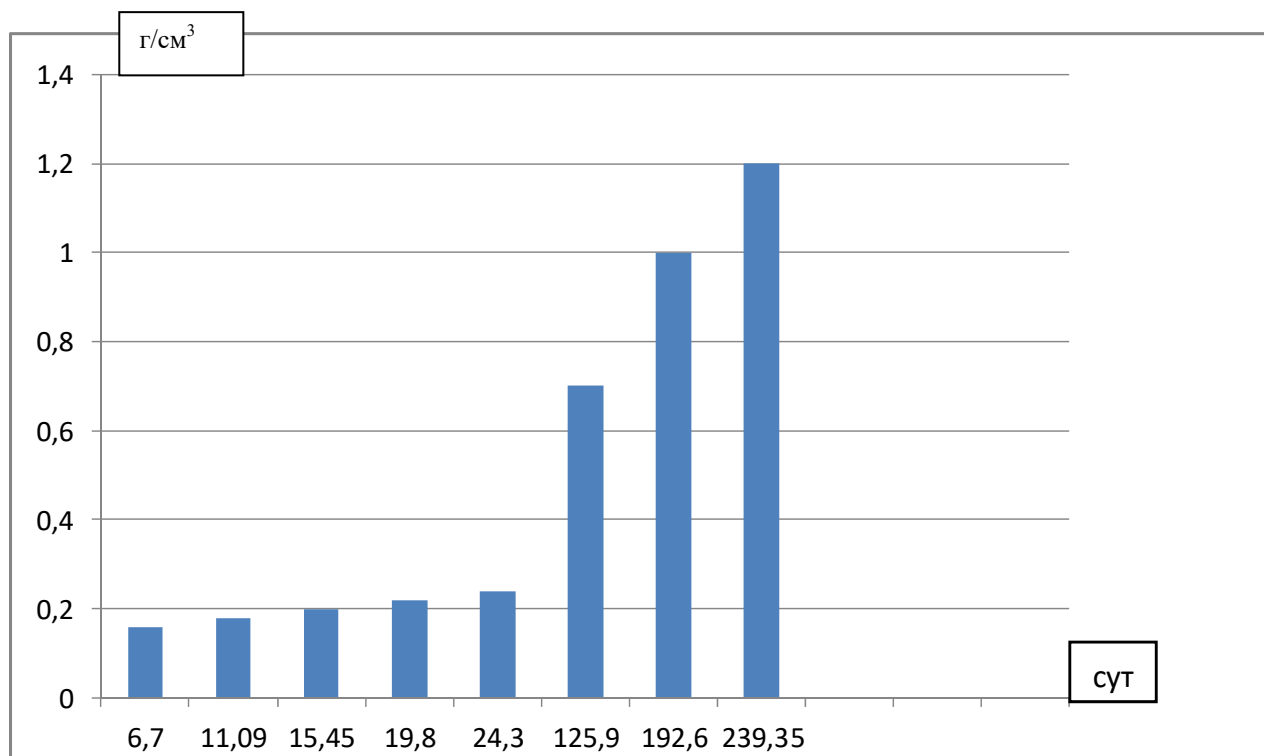


Рисунок 34 - Время достижения условий самовозгорания и вынужденного зажигания торфом в зависимости от плотности сложения

Так же из анализа таблицы 31 и рисунка 34 видно, что время до достижения пожарной опасности верхнего слоя торфа увеличивается с возрастанием его объемной плотности. Таким образом, если увеличить плотность верхнего торфяного слоя до максимальных значения то пожароопасный период сдвигается до 8 месяцев, тогда как в средней полосе его длительность составляет 4 месяца с апреля по август, то есть возникновение торфяных пожаров на торфяниках становится не возможным.

5.1 Изменение теплофизических свойств торфяной почвы с использованием комплекса машин

Исследования проводились в Рязанской области на площади 170 га, в том числе и выработанном торфянике площадью 10 га в 2021 году в рамках рекультивации полос временного отвода земли под строительство с

последующим их возвращении, согласно их категории, земли сельскохозяйственного назначения.

В процессе изысканий определялась объемная плотность остаточного слоя торфа и его влажность по слоям до и после проведения технического этапа рекультивации, и была дана оценка пожарной опасности данного участка и эффективность проводимых мероприятий по предотвращению торфяного пожара.

Плотность по слоям остаточного слоя торфа определялась по методики согласно ГОСТ 22733-2016, влажность ГОСТ 28268-89, до и после технического этапа рекультивации, специализированной организацией «Геоаспект».

В таблицах 32, 33 и на рисунках 35, 36 представлены водно-физические свойства выработанных торфяников по результатам инженерно-экологических изысканий, подстилающие грунты пески, до проведения технического этапа рекультивации, из которых видно, что наименьшей влажностью обладает верхний 5 см слой, он же является наименее плотным, что создает условия для возникновения пожара.

Таблица 32 - Водно-физические свойства выработанных торфяников

Мощность остаточного слоя торфа, см	Толщина слоев, см	Объемная плотность, г/см ³	Абсолютная влажность, средняя в слое 0-50 см, %	Порозность средняя, в % от объема, в слое 0-50 см
50	0-5	0,21	75,8	84,5
	5-10	0,64		
	10-15	0,81		
	15-20	1,0		
	20-30	1,2		
	30-40	1,32		
	40-50	1,5		

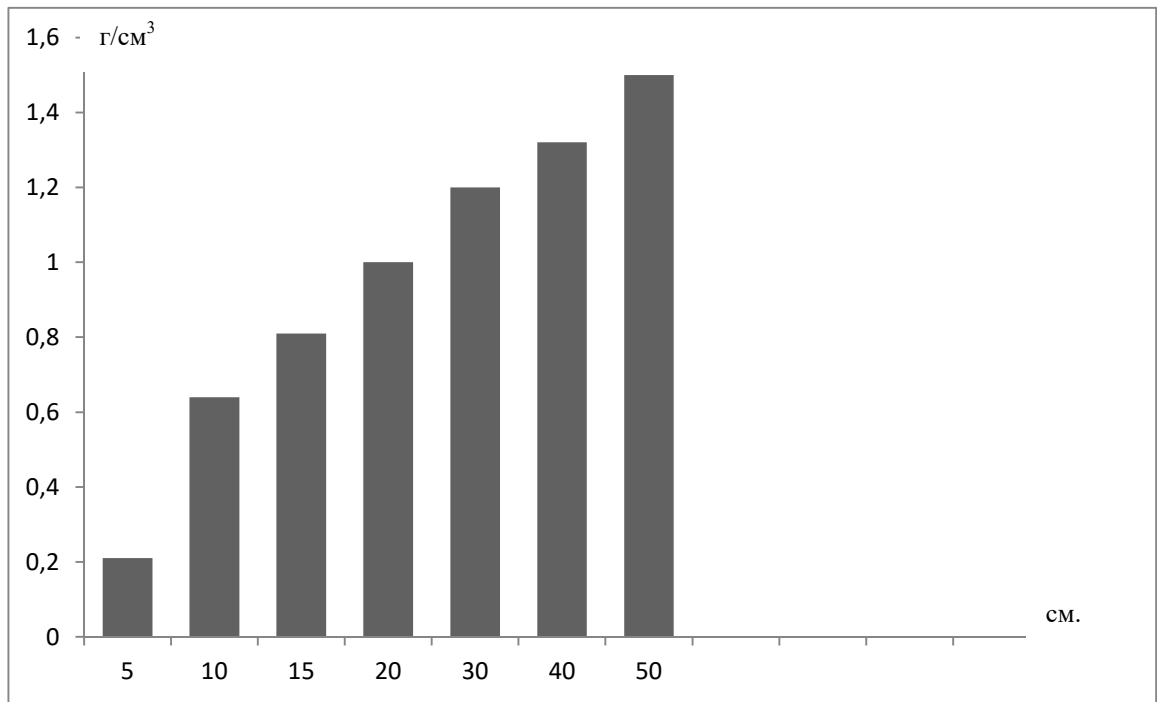


Рисунок 35 - Изменение плотности выработанного не рекультивированного торфяника по глубине

Таблица 33 - Изменение влажности торфяника по глубине

Мощность остаточного слоя торфа, см	Толщина слоев, см	Объёмная плотность, г/см ³	Влажность, %
50	0-5	0,21	20,3
	5-10	0,64	62
	10-15	0,81	67
	15-20	1,0	73
	20-30	1,2	77
	30-40	1,32	84
	40-50	1,5	87

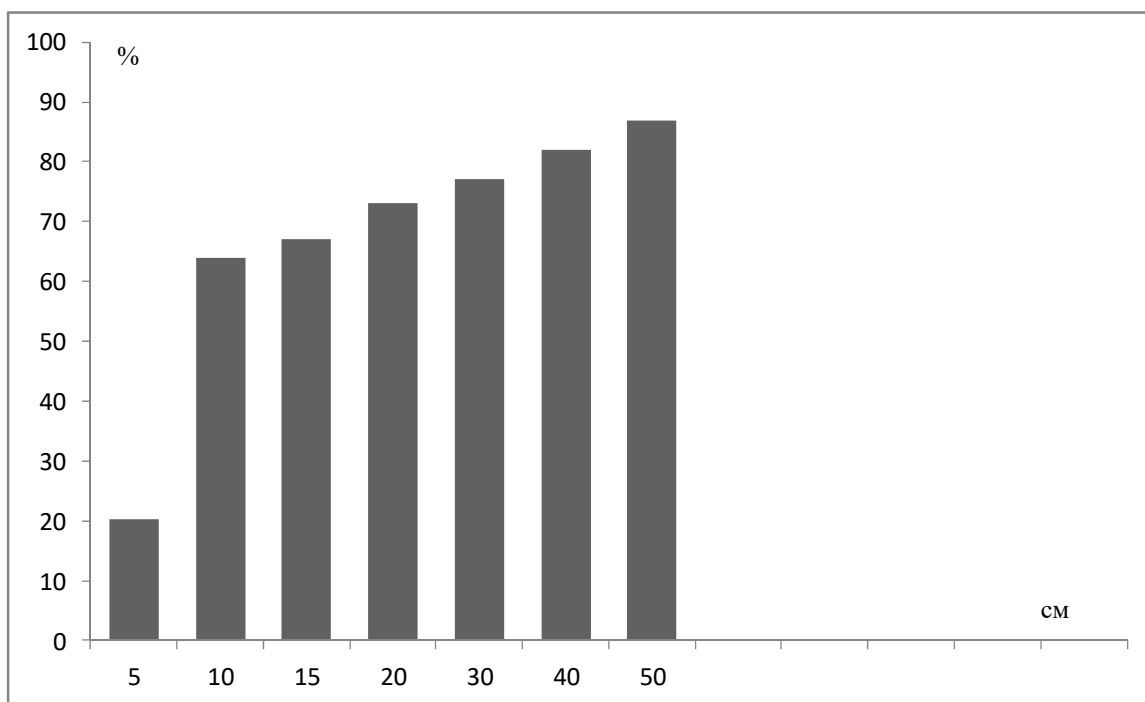


Рисунок 36 - Изменение влажности торфяника по глубине до проведения технического этапа рекультивации

5.2 Система технических мероприятий по изменению теплофизических свойств торфяной почвы для дальнейшего сельскохозяйственного использования

На основе проведенных исследований разработана следующая система технических мероприятий по предотвращению торфяных пожаров на сельскохозяйственных полях, рисунок 37, или консервация выработанных торфяников.

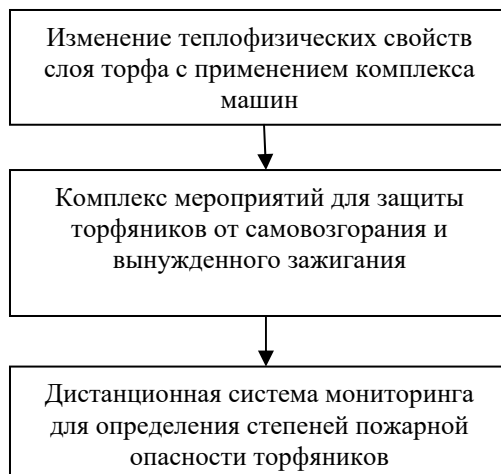


Рисунок 37 - Система технических мероприятий по предотвращению торфяных пожаров

Согласно руководящему документу ВНТП 19-86 толщины придонного (защитного) слоя торфа на выработанных площадях торфяных месторождений должны составлять;

1. на площадях, предназначенных для лесоразведения - не менее 0,3 м;
2. на площадях, предназначенных для возделывания сельскохозяйственных культур - не менее 0,5 м;
3. на площадях, используемых под водоемы, прудоворыбные хозяйства и другие цели - 0,15 м.

Технологические операции по изменению объемной плотности торфяного слоя приведены на рисунке 38.

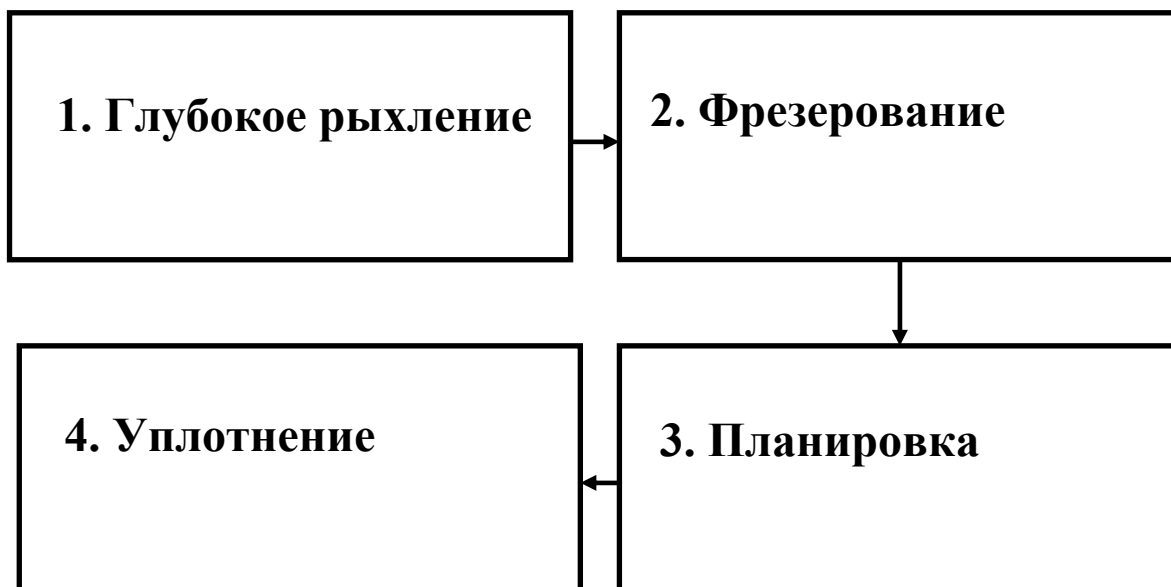


Рисунок 38 - Технологические операции

Назначение технологических операций.

1. Глубокое рыхление торфяника, глубина 60-70 см, с целью рыхления уплотненной части подстилающего грунта, которая по нашим данным составляет 10 см и препятствует поступлению влаги в верхние слои за счет капиллярного питания от грунтовых вод, для создания капиллярных связей со слоем торфа.

2. Фрезерование поверхности торфяного участка на глубину 15-20 см для перемешивания верхнего пожароопасного 5 см слоя с более плотными низ лежащими слоями с целью создания более плотного слоя.

3. Планировка поверхности для повышения эффективности последующего прикатывания торфяного слоя с целью увеличения его плотности. Данная операция позволяет снизить испарение с поверхности поля до 20% в теплый период, за счет уменьшения площади контакта поля с атмосферным воздухом.

4. Уплотнение грунта, завершающая операция, целью которой является уплотнение фрезерованного слоя торфа для уменьшения его пожарной опасности, пригодности под биологический

(сельскохозяйственный) этап рекультивации и созданием капиллярной связи с низлежащими слоями.

5.3 Комплекс машин для проведения технического этапа рекультивации выработанных торфяников.

Для выполнения технологических мероприятий указанных выше применялся трактор К707Т 5-класса, производства завода Балтиец, технические характеристики которого указаны в таблице 34, общий вид приведен на рисунке 39, применяемое навесное оборудование представленным далее.

Таблица 34 - Технические характеристики трактора 707Т

Масса, кг	
с рабочим оборудованием	12400±310
без рабочего оборудования	11250±280
эксплуатационная масса	13400±335
Характеристики ДВС ЯМЗ-238Д5	
число и расположение цилиндров	V8
номинальная мощность, кВт (л. с.)	220 (300)
рабочий объем, л	14?86
диаметр цилиндров, мм	130
ход поршня, мм	140



Рисунок 39 - Вид колесного трактора 5-класса К707Т

Удельное давление на почву составляет $0,08\text{мпа}$ или $0,8\text{ кг/см}^2$. Уплотнение движителя по следу в процессе выполнения технологических операций не учитывалось, поскольку целью технического этапа рекультивации было уплотнение верхнего слоя торфа и финальная обработка производилась водоналивными катками с давлением $6,1\text{ кг/см}^2$, что значительно превышает уплотняющее действие применяемого движителя.

Первой технологической операцией на рекультивируемом участке выработанного торфяника площадью 10 га расположенного в Рязанской области являлось глубокое рыхление. Операция выполнялась плоскорезом марки Муромец – 4, производитель ООО БТК «МариУралТраксервис», технические характеристики представлены в таблице 35. Глубина обработки составила 60 см, то есть подстилающий песчаный слой был обработан на глубину 10 см, для создания устойчивой капиллярной связи с торфяным слоем.

Таблица 35 - Технические характеристики плоскорезов марки Муромец

Наименование	Ед. изм.	Муромец-2.5	Муромец-3	Муромец-4	Муромец-5
Рабочих органов	шт.	5	7	9	11
Глубина обработки	мм.	600	600	600	600
Ширина обработки	мм.	2 500	3 000	4 000	5 000
Мощность трактора не менее	л/с	150	200	300	400
Масса оборудования, полный вес	кг.	1580	2060	2750	3470
Срок гарантии	год	5	5	5	5

На рисунке 40 представлен общий вид плоскореза Муромец – 4. Основные рабочие элементы конструкции глубокорыхлителя:

- основная несущая рама;
- стойки с лапами;
- задняя съемная секция с катками или дисками.

Плоскорез использовался без задней съемной секции, поскольку следующей технологической операцией производимой на опытном участке была фрезеровка торфяника на глубину 20 см.



Рисунок 40 - Плоскорез Муромец – 4 с задней съемной секцией

Глубина фрезеровки составляла в натурных испытаниях 20 см. Плотность слоя торфа после прохождения фрезы в указанном слое составила 0,68 г/см³.

Для проведения данного этапа использовалась почв фреза усиленная ФРН-2К, Рубцовский завод, предназначенная для выполнения сельскохозяйственных работ по обработке почвы, как поверхностной, так и глубокой, на глубину до 28 см. Технические характеристики представлены в таблице 36 и рисунке 41.

Таблица 36 - Технические характеристики почвенной фрезы ФРН-2К

1	Производительность за час основного времени, га/час	1
2	Ширина захвата, м	2,1
3	Количество рабочих ножей, шт.	48
4	Глубина обработки, мм	50-280
5	Рабочая скорость, км/ч, до	5
6	Габаритные размеры, мм (ДхШхВ)	(1260-1440)x2330x1040
7	Масса, кг	495
8	Минимальная мощность трактора, л.с.	40



Рисунок 41 - Фреза ФРН-2К

После фрезерования поверхности торфяника была выполнена планировка поверхности с целью уменьшения испарения влаги с поверхности и повышению качества и производительности по его уплотнению.

Для этих целей применялся прицепной грейдер СД-105А, производства Опытного - экспериментального завода, Ростовская область, г. Волгодонск, характеристики приведены в таблице 37, общий вид рисунок 42.

Таблица 37 - Технические характеристики прицепного грейдера СД-105А

Наименование характеристики	Значение характеристики
Тип	полуприцепной
Базовый тягач	Тракторы Т-150К, К-700, К-707Т, ДТ-75, МТЗ-1221
Управление рабочим органом	гидравлическое
Допускаемое тяговое усилие, кН (тс)	100(10)
Длина отвала, мм	3660
Высота отвала, мм	640
Диапазон углов резания, градус	28-70
Угол разворота заднего моста грейдера, градус	20
Угол наклона колес, градус	20
Масса грейдера эксплуатационная, без дополнительного оборудования, кг	3700
Масса дополнительного оборудования, кг, не более (комплект балансирной тележки)	530
Габаритные размеры грейдера, мм	
– длина	6610
– ширина (по отвалу)	3660
– высота	2400
Скорость движения, км/ч, не более	20



Рисунок 42 - Грейдер прицепной СД-105А

Действие катков на плотность пахотного слоя обычно ограничивается верхней его половиной. Уплотняющее действие катка зависит от влажности почвы, ее структурного состава и, конечной массы катка.

Плотность почвы влажностью свыше 20–22 % от абсолютно сухой массы после применения катков заметно возрастает. При уменьшении влажности почвы до влажности завядания и меньше уплотняющее действие катка резко снижается.

Для уплотнения поверхности торфяника использовался каток КВНП - 14 (давление 6.11 кг /см^2) производства компании «Автотехнологии». Прикатывание выполнялось в один проход.

Технические характеристики водоналивного катка КВНП – 14 представлены в таблице 38 и на рисунке 43.

Таблица 38 - Технические характеристики катка КВНП - 14

Тип	Прицепной
Агрегатируется с тракторами класс	5
Масс катка кг., в рабочем состоянии (с водой)	9300
Рабочая скорость, км/ч	до 12
Габаритные размеры сцепки и катков: В рабочем положении; мм	
• длина	6550
• ширина	14160
• высота	750
Максимальное уплотняющие воздействие на почву кг/см ²	6,11

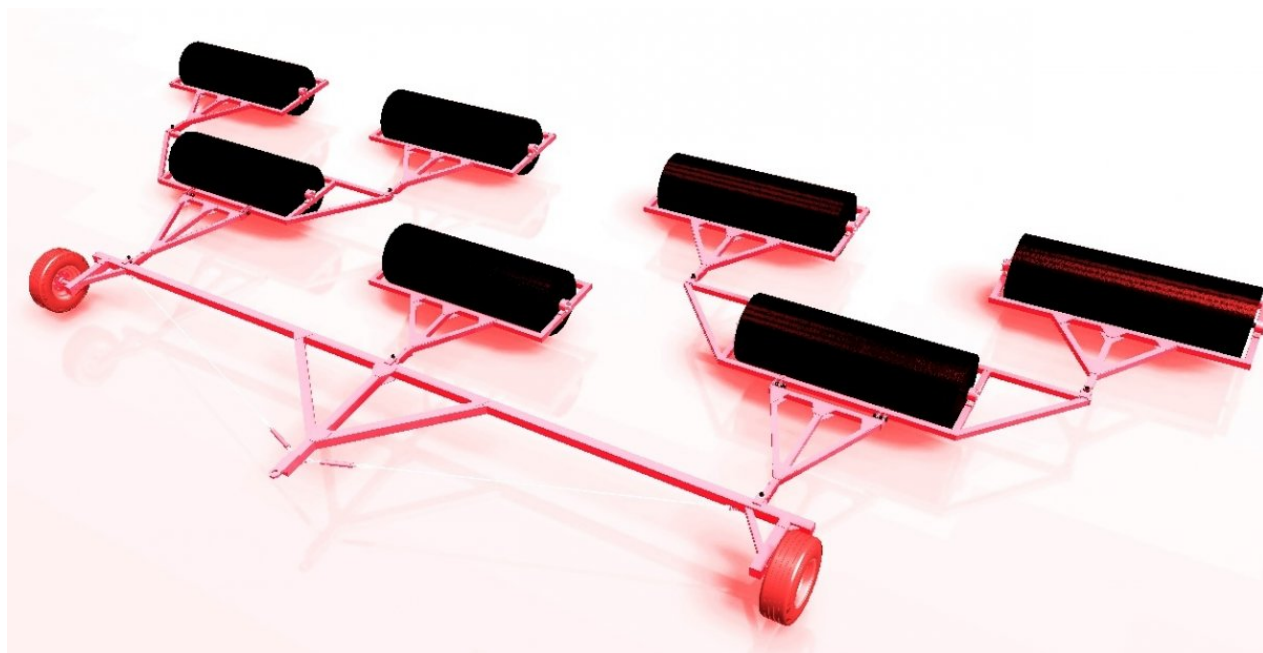


Рисунок 43 - Общий вид водоналивного катка КВНП – 14

Влажность торфа в слое 20 см. перед прикатыванием составляла 62%.

На рисунке 44 представлены данные по плотности торфяной почвы после применения технологических операций, по изменению теплофизических свойств выработанного торфяника.

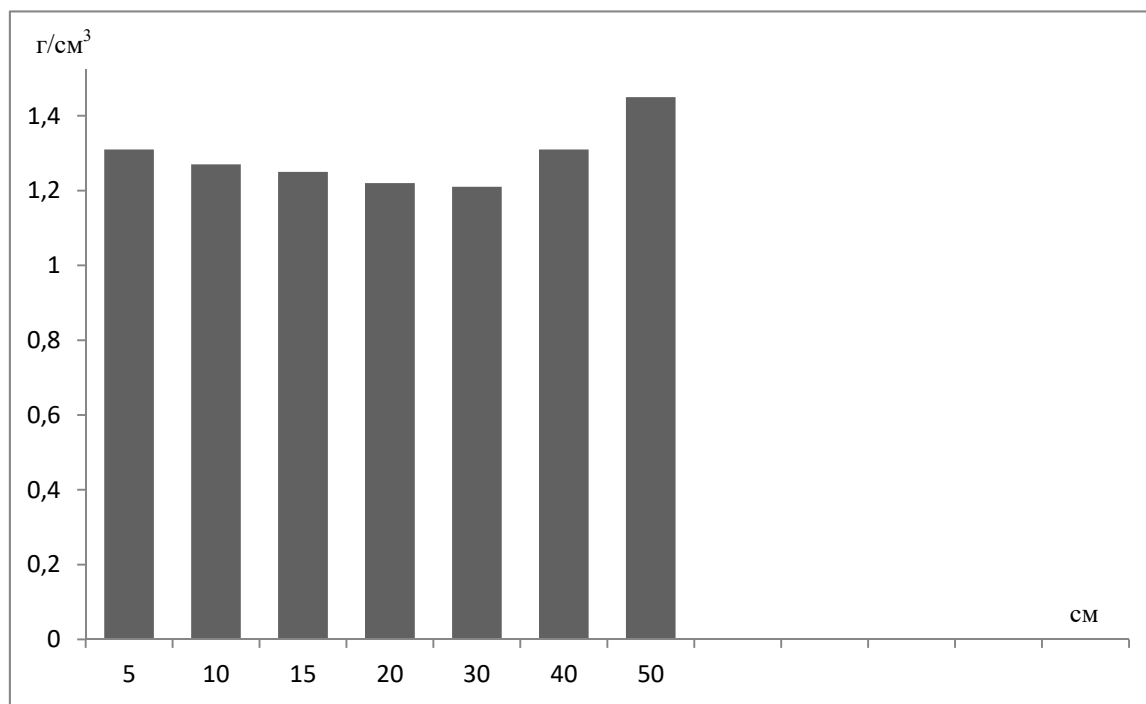


Рисунок 44 - Плотность торфа по глубине после проведения полного цикла технического этапа рекультивации

Из анализа рисунка 44 видно, что в результате проведения технического этапа рекультивации образуется верхний уплотненный слой, который препятствует испарению влаги с поверхности торфяника и блокирует ее внутри, что препятствует его возгоранию. Со временем наблюдается выравнивание плотности в слое торфа в его центре за счет его капиллярного подпитывания.

В таблице 39 и на рисунке 45 представлены данные по влажности в слоях торфяной почвы после проведения технического этапа рекультивации.

Таблица 39 - Влажность торфяной почвы после проведения технического этапа рекультивации

Мощность остаточного слоя торфа, см	Толщина слоев, см	Объёмная масса, г/см ³	Влажность, %
50	0-5	1,31	65
	5-10	1,27	67
	10-15	1,25	70
	15-20	1,22	72
	20-30	1,21	76
	30-40	1,31	81
	40-50	1,45	84

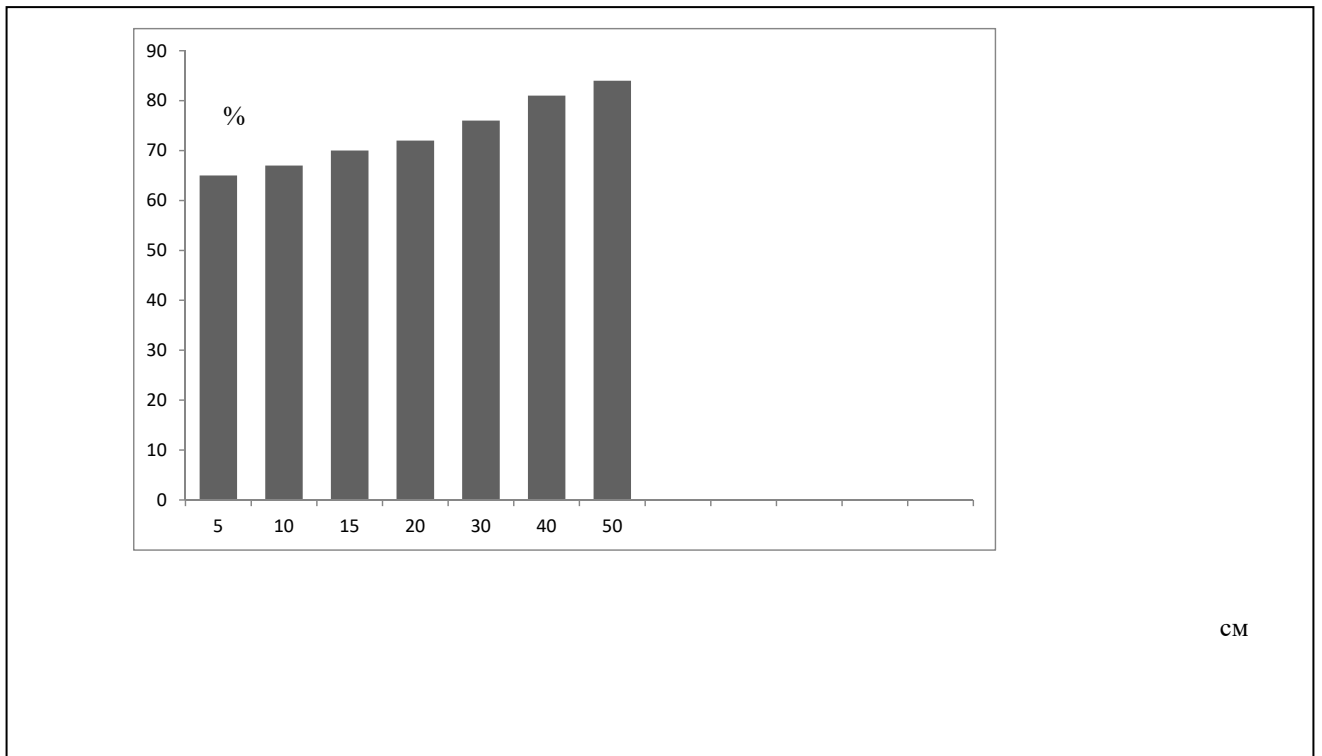


Рисунок 45 - Послойная влажность остаточного слоя почвы после полного цикла технического этапа рекультивации

5.4 Системы обработки торфяной почвы при черной культуре земледелия

Из осушенных земель наиболее хозяйственно ценными являются торфяные почвы, обладающие высоким потенциалом плодородия. Общая площадь торфяных почв в России составляет около 320 млн. га, из них 130 млн. га имеют слой торфа более 30 см.

Как говорилось ранее в России при освоение выработанных торфяников применяют черную культуру земледелия и выращивают многолетние и однолетние травы, овощные, кормовые, зерновые культуры.

Рассмотрим системы обработки торфяной почвы при возделывании указанных выше культур и их влияние на угрозу возникновения торфяных пожаров на сельскохозяйственных землях.

Севооборот на торфяных слабоминерализованных почвах, как правило, состоит из следующих сельскохозяйственных культур; многолетние злаковые травы, однолетние травы, пропашные культуры.

Пропашные культуры объединяют в единую группу в зависимости от способа выращивания. Это определяет их специфическое воздействие на почву и урожайность последующих культур. Они получили свое название по особенности их агротехники. Она состоит в неоднократной обработке (пропашке) их широких междурядий (более 25 см между рядками) на протяжении вегетации, что приближает эти культуры по агротехнической роли к чистым парам.

Данные культуры для нормального роста и развития требуют большие площади и междурядную обработки почвы. К пропашным культурам относят: зерновые — кукуруза, гречиха, просо, фасоль; технические — сахарная свёкла, подсолнечник; овощные — капуста, томат, огурец, свёкла, морковь и др.; кормовые — корнеплоды, кормовая капуста, картофель и др.

Как правило, значительное место в севооборотах среди пропашных культур занимают корне- и клубнеплоды — сахарная свекла, картофель, столовые корнеплоды (свекла, морковь), кормовые корнеплоды (свекла, турнепс, морковь) и др., сеют их (или высаживают рассаду) широкорядным, квадратным или

квадратно-гнездовым способом (междурядья 60—90 см), что приводит к наличию открытой нагреваемой поверхности.

В Нечерноземной лесостепной зоне кормовые прифермские севообороты имеют короткую ротацию, в которой преобладают пропашные культуры и севооборот состоит из: 1— однолетние травы, 2 — кормовые корнеплоды и картофель, 3 — кукуруза на силос, 4 — подсолнечник на силос.

Обработка почвы при возделывании пропашных культур после посева, до появления всходов, состоит из прикатывания и боронования, после появления всходов - после всходового боронования, рыхления междурядий пропашных культур, окучивания и прореживания растений в рядах.

Прикатывание после посева производят гладкими катками типа ЗКВГ-1,4, СКГ-2 с дополнительным рыхлением поверхности боронами, что создает на поверхности рыхлый слой.

Предвсходовое боронование. Почвенную корку рыхлят мелкозубчатой, проволочной или сетчатой боронами до появления всходов.

Послевсходовое боронование применяют для рыхления почвы между растениями, разрушения корки и уничтожения всходов сорняков.

Междурядная обработка на посевах предназначена для рыхления уплотненной почвы, разрушения почвенной корки и срезания всходов сорняков. Периодическое рыхление и выравнивание почвы в междурядьях способствует аэрации почвы, то есть насыщению ее окислителем.

Первое рыхление посевов проводят при появлении всходов и разметке рядов растений и проводят на глубину 4-5 см, что снижает ее объемную плотность, способствует разрыву капиллярных связей с грунтовыми водами и создает предпосылки для возникновения торфяного пожара.

Выполняется пропашными культиваторами типа УСМК-5,4А, КРД-5,4, КРН-4,2, КРН-5,6, оснащенными одно- и двусторонними плоскорезными ножами.

Глубину второй увеличивают до 8-10 см.

Букетировка. При выращивании сахарной свеклы, кормовых и некоторых овощных культур междурядная обработка почвы связана с нарезкой куртин,

состоящих из нескольких растений, расположенных на равном расстоянии друг от друга в рядах. Такое прореживание называется букетировкой и обычно производится пропашными культиваторами, например, УСМК-5,4А, оснащенными остроконечными лапами, и осуществляется поперек посевов. Такая обработка увеличивает площадь прогревания торфяной почвы, что способствует вероятности ее возгорания.

Окучивание — присыпание рыхлой влажной почвы к основанию стеблей растений с одновременным подрезанием подземных органов размножения многолетних сорняков в междурядьях, проводится при избыточном увлажнении почвы, что в современных условиях потепления климата практически не наблюдается в период вегетации сельскохозяйственных растений даже на переувлажненных территориях.

При окучивании нижнюю часть стеблей присыпают рыхлой землей, что способствует образованию придаточных корней у томатов, кукурузы и столового картофеля, повышая урожайность на 10-15%.

Окучивание защищает растения от весенних заморозков.

В условиях засухи или недостаточного увлажнения окучивание не проводят во избежание дальнейшего пересыхания почвы.

Количество окучиваний и время их проведения определяют в зависимости от биологических особенностей, высоты растений и погодных условий. Чаще всего его проводят 1-2 раза после атмосферных осадков и полива при высоте растений 15-20 см с одновременным рыхлением почвы. Последнее окучивание проводят до смыкания ботвы. Его осуществляют культиваторами типа КОН-2,8ПМ, КОН-2,8П, УСМК-5,4 и др., оснащенными рыхлительными лапами или окучниками.

При возделывании пропашных культур образуется открытая поверхность торфяной почвы, которая подвергается сильному нагреву, а также в процессе роста и развития растения потребляют значительное количество влаги, что в засушливый вегетационный период приводит к ее иссушению на фоне низкого расположения грунтовых вод и отсутствия осадков. Систематические обработки

почвы приводят к уменьшению плотности верхнего слоя торфяной почвы, что является предпосылкой к самовозгоранию верхнего слоя торфа, о чем говорилось ранее.

Так же, создается предпосылки к возникновению торфяного пожара от выхлопных систем машин, используемых для выращивания и уборки сельскохозяйственных культур в вегетационный период, который, как правило, характеризуется высокими температурами воздуха, низким уровнем грунтовых вод, низкой плотностью верхних слоев почвы (за счет вегетационных обработок) и малым количеством осадков.

По указанным выше причинам обязательно проведение систематического мониторинга за теплофизическим состоянием торфяной почвы с целью предотвращения торфяных пожаров.

При возделывании однолетних трав послепосевная обработка не производится. Применение комплекса машин, в данном случае, для изменения теплофизических свойств торфяной почвы рекомендуется производить при смене сельскохозяйственных культур, после определения пожароопасности торфа, а также желательно проведение противопожарного мониторинга.

Под многолетними травами в период длительного выращивания на одном и том же поле почва уплотняется, снижается ее аэрация. Это вызвано накоплением травами большого количества корневых и послеуборочных остатков и отсутствием послепосевной обработки почвы.

Особенностью выращивания многолетних трав является то, что они при соблюдении агротехники, продуктивно растут от 3 до 10 лет без перезасеивания.

Таким образом, при освоении выработанных торфяников после применения комплекса машин для изменения их теплофизических свойств почвы при выращивание многолетних трав является пожаробезопасным на весь период их возделывания, применение мониторинга за пожар опасностью торфяной почвы желательно, но не является обязательным как при возделывании пропашных культур.

5.5 Выводы по главе

1. В период вегетации сельскохозяйственных культур торфяные почвы высыхают до пожароопасного состояния не только из-за отсутствия осадков, высыханию способствует возделываемые культуры, которые работают как испаритель воды за счет высокой транспирации или испарительной способности.

2. В качестве существующих противопожарных, профилактических мероприятий наиболее эффективным является вовлечение выработанных торфяников в сельскохозяйственный оборот и применение специальных обработок с использованием комплекса машин в условиях черной культуры освоения, при котором происходит изменение водно-физических свойств торфяной почвы, что препятствует возникновению пожара.

3. Если увеличить плотность верхнего слоя почвы до максимальных значения то пожароопасный период сдвигается до 8 месяцев, тогда как в средней полосе его длительность составляет 4 месяца с апреля по август, то есть возникновение торфяных пожаров на торфяниках становится не возможным. Плотность торфа считается максимально устойчивой характеристикой. Её величина способна колебаться в узком диапазоне от 1,65 и до 1,43 г/куб. см для верхового торфа и от 1,78 до 1,56 г/куб. см для низинных слоёв.

4. Верхний уплотненный слой торфяной почвы препятствует испарению влаги с поверхности торфяника и блокирует ее внутри, что препятствует его возгоранию, так же происходит выравнивание плотности в слое торфа за счет его капиллярного подпитывания.

5. Севооборот на торфяных слабоминерализованных почвах, как правило, состоит из пропашных культур, агротехника которых состоит в неоднократной обработке (пропашке) их широких междурядий (более 25 см между рядками) на протяжении вегетации, что приближает эти культуры по агротехнической роли к чистым парам, что приводит к наличию открытой нагреваемой поверхности и риску возникновения торфяного пожара.

6. Систематические обработки почвы приводят к уменьшению плотности верхнего слоя торфяной почвы, что является предпосылкой к возгоранию верхнего слоя торфа, и создают предпосылки к возникновению торфяного пожара от выхлопных систем машин используемых для выращивания и уборки сельскохозяйственных культур в вегетационный период, который, как правило, характеризуется высокими температурами воздуха, низким уровнем грунтовых вод, низкой плотностью верхних слоев почвы (за счет вегетационных обработок) и малым количеством осадков, а также возможностью возникновения процессов самовозгорания и вынужденного зажигания, при выращивании пропашных культур на торфяниках.

7. На торфяниках, используемых для выращивания пропашных сельскохозяйственных культур обязательно проведение систематического мониторинга за теплофизическим состоянием торфяной почвы с целью предотвращения торфяных пожаров.

ГЛАВА 6 НОВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НАХОДЯЩИХСЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ОБОРОТЕ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ

Наиболее распространённым способом, позволяющим осуществлять мониторинг пожароопасных территорий, можно назвать использование специализированной аппаратуры, работающей в инфракрасной области электромагнитного излучения, располагающейся на борту космических летательных аппаратов или самолётов, что позволяет следить за пожарной обстановкой на больших территориях. Несмотря на высокую эффективность использования авиации и космических спутников для обнаружения торфяных пожаров, их применение достаточно дорого.

При мониторинге торфяных пожаров необходимо осуществлять облёт территории не менее одного раза в сутки, что не всегда бывает возможным по причине погодных условий. При спутниковом мониторинге территорий данные в среднем поступают каждые три часа, что позволяет более оперативно реагировать, чем при аэрофотосъёмки, и не зависеть от погодных условий. Стоимость только обработки данных полученных со спутников по программам IRS, Landast, TERRA за пожароопасный сезон составляет более 1500 руб. на 1 га.

К тому же, как правило, определяется факт возникновения очага торфяного пожара, который требует мероприятий по его последующей локализации и ликвидации, что увеличивает экономические затраты. Перечисленные способы фиксируют достаточно крупные очаги пожара, которые требуют значительных сил и средств на их ликвидацию. При этом они не применимы к торфяникам, затронутым сельскохозяйственным оборотом, так как фиксируют сам факт возникновения торфяного пожара, приводящего к уничтожению посевов и плодородных почв, утрате земель.

Сельскохозяйственное освоение торфяников в России связано с возделыванием в основном пахотных культур, что создает предпосылки для возникновения торфяного пожара.

Тепловой режим торфяников зависит от их водного режима. Снижение уровня грунтовых вод ведёт к повышению температуры поверхности торфа, включая верхний слой, что увеличивает риск возникновения торфяного пожара.

При выращивании пахотных культур на торфяных почвах применяют послепосевную обработку почвы в виде боронования, междурядного рыхления, окучивания и прореживания растений в рядах, что изменяет теплофизические свойства торфа, насыщает его окислителем, уменьшает объемную плотность горючего верхнего слоя и способствует разрыву капиллярных связей с грунтовыми водами, которые в середине вегетационного периода находятся на максимальной глубине поверхности.

В естественных условиях процесс понижения температуры (охлаждения) нагретых участков тела происходит с разной (неодинаковой) скоростью. Критерий неравномерности нагрева определяется уравнением. Таким образом, создаются условия для возникновения процесса самовозгорания, а снижение критерия неравномерности нагрева является предпосылкой начала процесса самовозгорания.

Получены патенты на полезные модели: «Система мониторинга температурного состояния торфяника» (патент РФ № 67872); «Система защиты торфяников от возгорания» (патент РФ №88970); «Система автоматического полива растений для приусадебного хозяйства» (патент РФ №78033); «Комплексная система мониторинга и защиты торфяников от возгорания» (патент РФ №106542); в которых реализована новая система мониторинга позволяющая определить степени пожарной опасности торфяников при помощи контроллера возгораний «Леший».

В качестве системы пожарного мониторинга торфяных почв предложена следующая схема (патент РФ на полезную модель № 67872).

В естественных условиях охлаждение точек тела происходит с неравномерными скоростями. Критерий неравномерности нагрева можно определить, используя зависимость (88).

Таким образом, создаются условия для самовозгорания, а уменьшение критерия неравномерности нагрева можно принять как предпосылку начала процесса самовозгорания.

$$\psi = \frac{\Delta T_F}{\Delta T_{Ц}}, \quad (88)$$

где: $\Delta T_{Ц}$ – разность между температурой теплофизического центра нагреваемого материала и окружающей среды $T_{Ц} - T_{ОКР}$.

Мониторинг слоя торфяной почвы можно осуществить с помощью устройства, рисунок 46. Поступление сигнала о равенстве температур от терморезистора расположенного на поверхности торфяной почвы и терморезисторов, расположенных в центре торфяных слоев говорит о создании предпосылки возникновения очага торфяного пожара в месте установки устройства. Это позволяет своевременно провести мероприятия по профилактике возгорания торфяного слоя, что значительно меньше по экономическим затратам, чем ликвидация самого пожара. Указанное устройство размещается в наиболее прогреваемых местах на торфяниках.

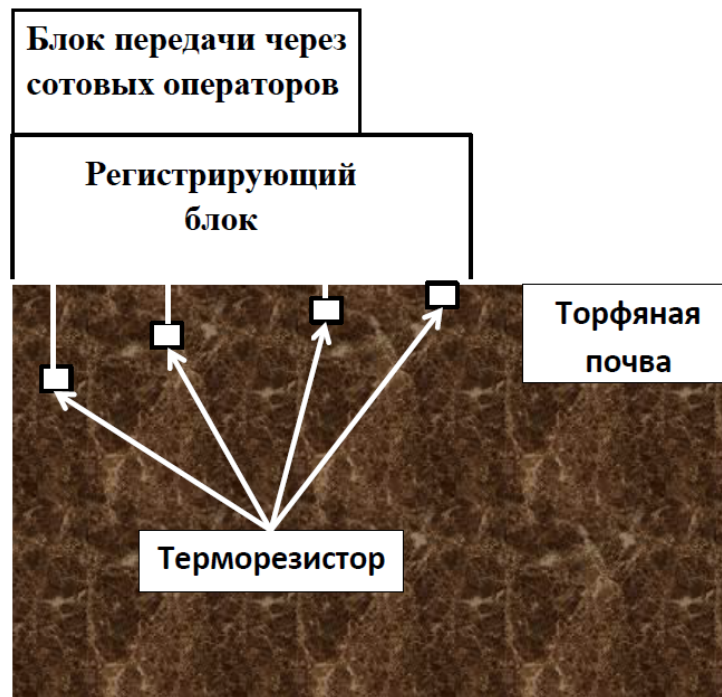


Рисунок 46 - Схема устройства для мониторинга за состоянием торфяника

Преимущества нового способа мониторинга, по сравнению с существующими, заключается в следующем:

- торфяные пожары требуют больших экономических и материальных затрат на их ликвидацию, а разработанный способ мониторинга позволяет их предотвращать;
- значительно меньше экономических затрат требуется на профилактику торфяных пожаров, чем на тушение данных пожаров;
- данный способ мониторинга позволяет принять предупредительные меры и не допустить возгорания торфяной почвы на сельскохозяйственных угодьях.

По результатам практических и теоритических исследований был разработан и сертифицирован в системе ОС «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС» МВД РОССИИ контроллер возгораний «Леший» по ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний» [54]. Данный контроллер определяет пожароопасное состояние торфяной почвы и является основой системы нового способа мониторинга сельскохозяйственных земель.

Способ основан на принципе сравнения температурных и влажностных условий поверхности торфа и сканируемых нижних слоев, которые

автоматически оцениваются по разработанному алгоритму, и определяется степень пожарной опасности торфа. В процессе работы отслеживает изменения температурного, влажностного режимов на контролируемой территории, и дополнительно отображает полученные результаты в виде графиков и карт.

Данный способ мониторинга позволяет определять степени пожарной опасности торфяников в реальном режиме времени, а также накапливать данные, на основе которых можно заблаговременно составлять прогнозы развития пожароопасной ситуации с привязкой к метеоданным.

Разработано два варианта системы мониторинга:

1. Мобильный вариант предназначен для обходчиков территории;
2. Стационарный вариант, устанавливаемый на контролируемой территории с дистанционной передачи данных.

На рисунке 47 представлен мобильный вариант, который позволяет производить мониторинг при обходе территорий сельскохозяйственных угодий.



Рисунок 47 - Контроллер возгораний «Леший» - мобильный вариант для обходчиков и патрулей

Стационарный вариант контроллера представлен на рисунке 48.



Рисунок 48 - Контроллер возгораний «Леший» - стационарный вариант, размещаемый на местности

На местности устанавливается Блок управления, который по каналам радиосвязи соединен с контроллерами возгораний «Леший», установленными на торфяном массиве рисунок 49. Информация, полученная от контроллеров возгорания, через Блок управления передается на компьютер, установленный в диспетчерском пункте. Полученные данные анализируются и обрабатываются при помощи программного обеспечения. На рисунке 51 представлено отображение информации о местоположении контроллеров возгораний на местности. Окраска места расположения контроллера изменяется в зависимости от степени пожарной опасности торфяника.

Программное обеспечение позволяет получить информацию о состоянии сканируемых слоев торфяника на момент замера в виде столбового графика, рисунок 52. Информация о состоянии слоев торфяника так же отображается в виде линейного графика за любой период наблюдений, рисунок 53, что позволяет визуально оценивать динамику изменения степеней пожарной опасности торфяника и составлять прогноз дальнейшего развития пожароопасной ситуации.

Положение на местности Блока управления и контроллеров возгорания «Леший» позиционируются системой ГЛОНАСС. Минимальное количество

контроллеров на 1 км² - 4 штуки.

На рисунке 50 представлена схема работы стационарной системы мониторинга, когда передача данных через сотовых операторов не возможна.

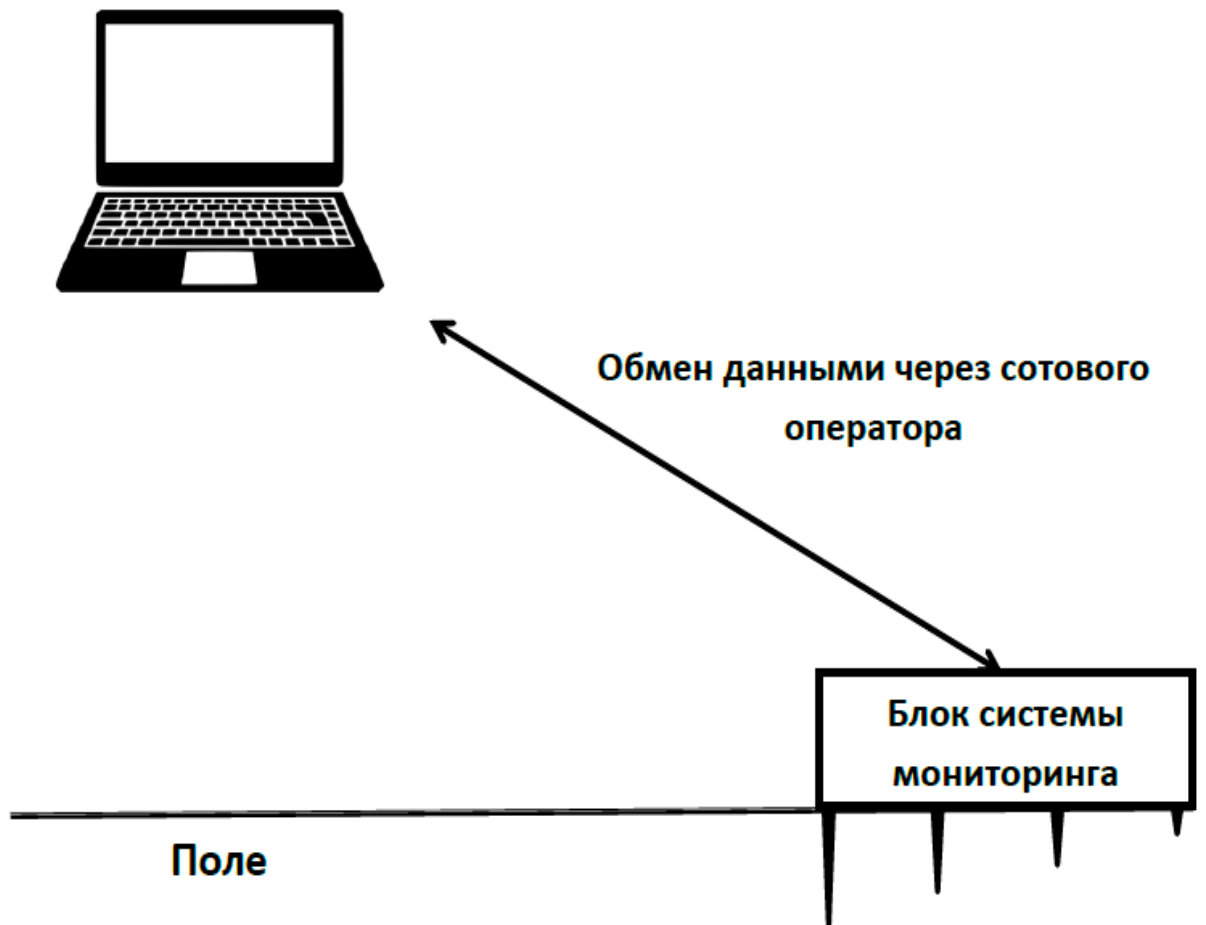


Рисунок 49 - Принципиальная схема работы стационарной системы мониторинга

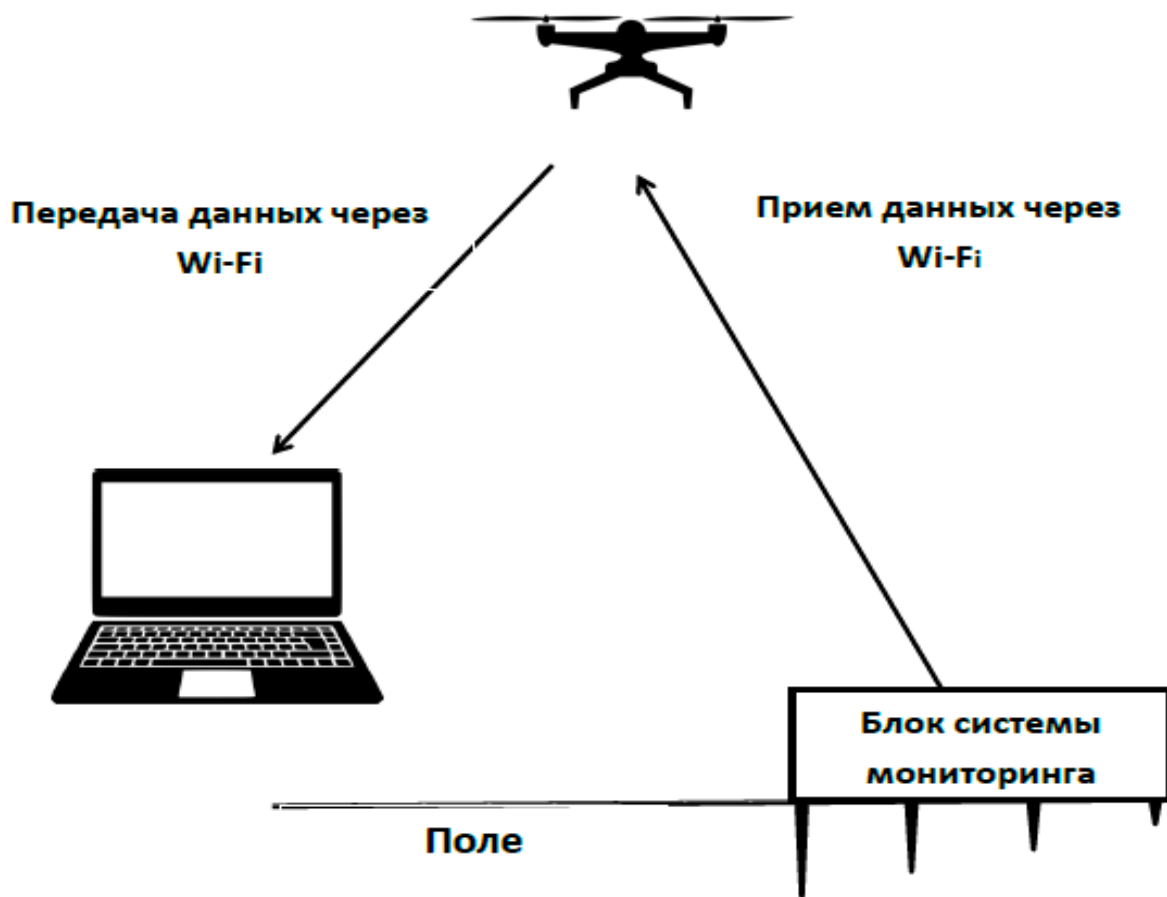


Рисунок 50 - Принципиальная схема работы стационарной системы мониторинга вне зоны действия сотовых операторов

Дрон может обеспечивать покрытие сотовой связи на территории в десятки или сотни квадратных километров. Беспилотники могут работать как непосредственно с абонентами, так и обеспечивать канал для наземных станций связи, которые обеспечивают раздачу интернета по Wi-Fi или через сети фиксированного доступа или записывать информацию на карты памяти.

Инновационная система мониторинга торфяников позволяет определить степени пожарной опасности торфяника за несколько дней до возникновения очагов тления или пламенного горения и своевременно провести профилактические мероприятия.

Система мониторинга экспонировалась на выставке МЧС «День инноваций» и была удостоена диплома выставки.

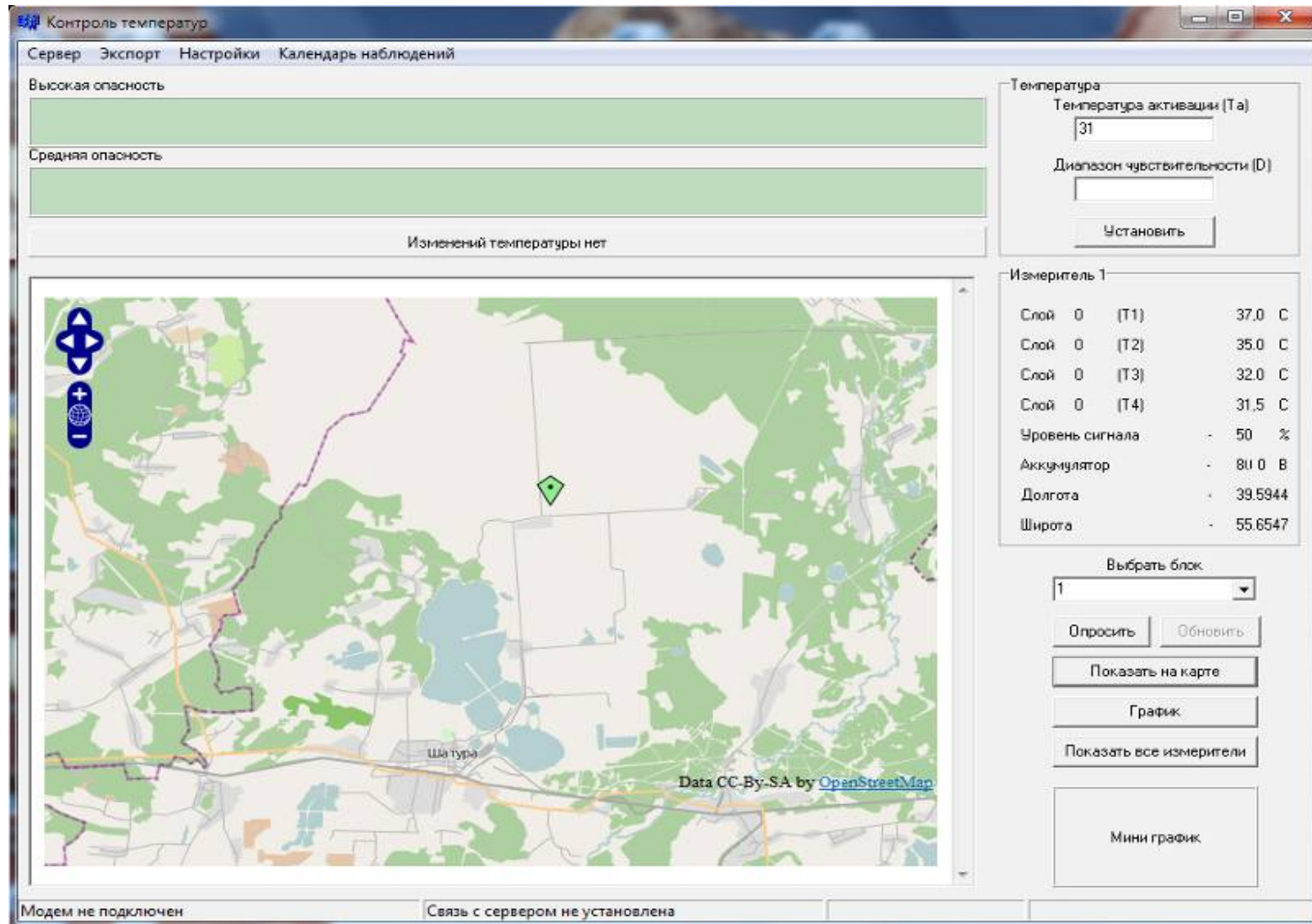


Рисунок 51 - Отображение местоположения контроллера на местности и степени пожарной опасности торфяника



Рисунок 52 - Столбовой график отображения степеней пожарной опасности торфяника по слоям в момент замера

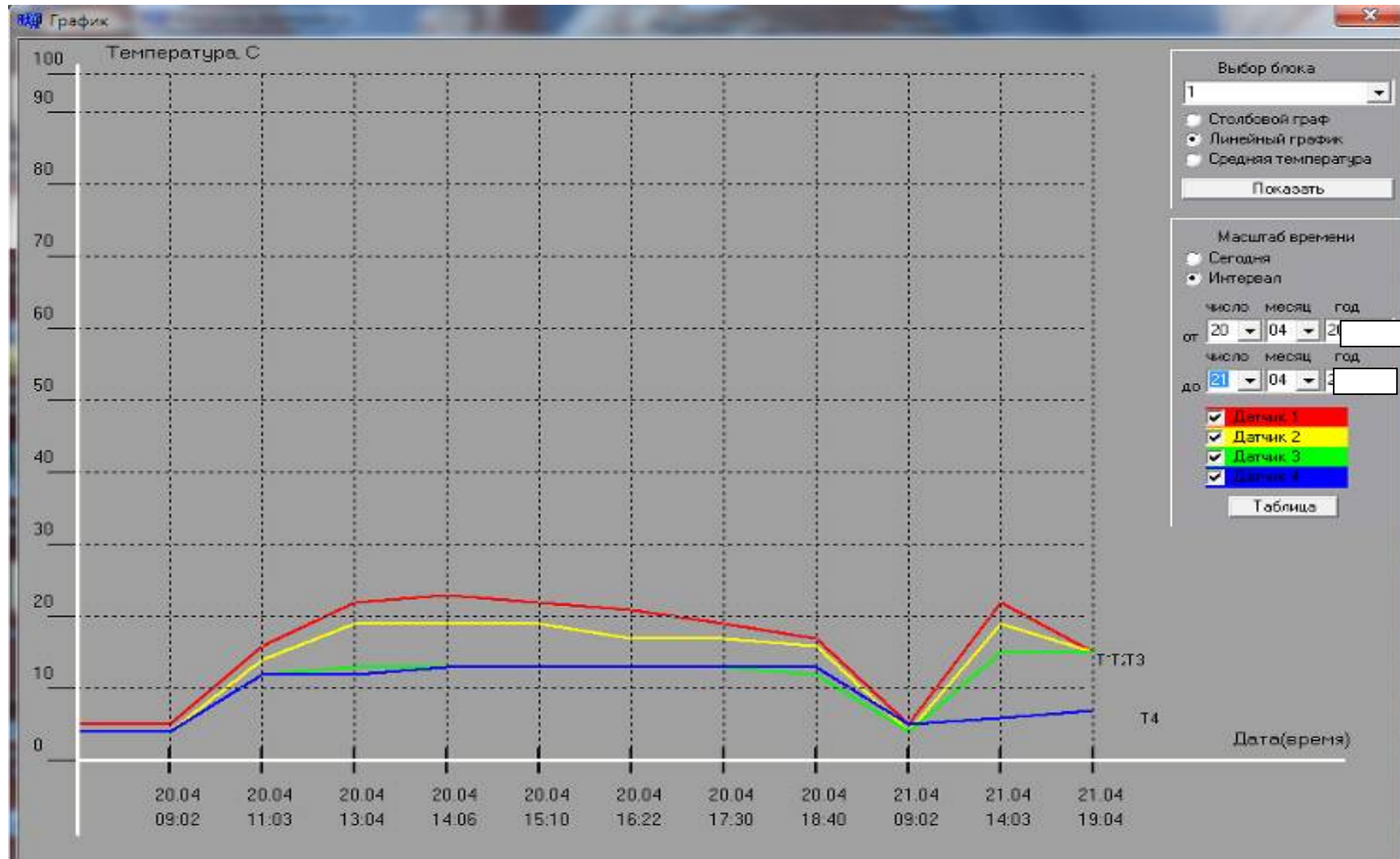


Рисунок 53 - Линейный график степеней пожарной опасности торфяников по слоям за выбранный промежуток времени

6.1 Выводы по главе

1. Сельскохозяйственное освоение выработанных торфяников в России предусматривает возделывание на них в основном пропашных культур, что создает предпосылки к возникновению торфяного пожара.

2. При возделывании на торфяных почвах пропашных культур применяются послепосевные обработки почвы такие как, боронование, междурядное рыхление, окучивание и прореживание растений в рядках, что изменяется теплофизические свойства торфа, насыщая его окислителем, уменьшает объемную плотность верхнего пожароопасного слоя и способствует разрыву капиллярных связей с грунтовыми водами, которые в середине вегетационного периода находятся на максимальной глубине от поверхности.

3. Наиболее распространёнными способами, позволяющим осуществлять мониторинг пожароопасных территорий, можно назвать использование специализированной аппаратуры, работающей в инфракрасной области электромагнитного излучения, которые фиксируют достаточно крупные очаги пожара, и требуют значительных сил и средств на их ликвидацию.

4. Новый способ мониторинга позволяет определять степени пожарной опасности торфяников в реальном режиме времени, а также накапливать данные, на основе которых можно заблаговременно составлять прогнозы развития пожароопасной ситуации с привязкой к метеоданным.

5. Разработанный способ мониторинга позволяет принять предупредительные меры и не допустить возгорания торфяной почвы на сельскохозяйственных угодьях.

ГЛАВА 7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА МАШИН ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ

Мероприятия по профилактике и предупреждению торфяных пожаров разделяются на две основные группы:

1) мероприятия по заблаговременному предупреждению, предотвращению, и профилактике возникновения пожаров и всестороннему контролю за соблюдением правил пожарной безопасности;

2) мероприятия, направленные на ограничение распространения действующих торфяных пожаров.

Первая группа мероприятий связана с предупреждением возгораний, которые зависят от идентификации причин и обстоятельств. Причины могут быть природные или антропогенные. Природные причины, в отличие от антропогенных, являются не контролируруемыми.

Антропогенные причины возгораний могут быть частично устранены с помощью профилактических мероприятий, которые осуществляются путем введения ограничительных мероприятий.

На основании исследования, проведенного Министерством сельского хозяйства на территории Российской Федерации зарегистрировано более 25 000 лесных пожаров на общей площади более 1,1 млн. га. По данным МЧС России, на территории страны выявлено около 28,5 тыс. очагов природных пожаров на общей площади более 886 тыс. га, из них 1146 очагов торфяных пожаров выявлено на общей площади 2121 га. К тушению и локализации природных пожаров привлечено более 166,1 тыс. человек и 26,6 тыс. единиц техники, в том числе авиация.

Торфяные пожары – одно из наиболее частых явлений в мире, характеризующееся значительным выбросом в атмосферу планеты окиси и двуокиси углерода, оксидов азота, частиц и других химических соединений. В отдельные годы эти выбросы эквивалентны сжиганию всей перерабатываемой в

России нефти. Дым, образующийся при сгорании биологической массы лесной растительности (травы, листья деревьев и кустарников, мхов, лишайников, торфяников, лесной подстилки и хвои), представляет собой аэрозольно-газовую смесь, содержащую вредные для окружающей среды и здоровья человека вещества. Сжигание биомассы является основным глобальным источником газопылевых выбросов в атмосферу и считается одним из основных экотоксикологических факторов риска для здоровья населения [62, 153, 182, 197, 206, 213, 252, 263, 266, 271, 274 и др.].

С физической точки зрения дым от сжигания биомассы представляет собой многокомпонентную смесь различных газов и полидисперсных твердых и жидких частиц в аэрозоле, причем с высоким содержанием «респирабельных» частиц, проникающих и задерживающихся в легких. Эти частицы имеют диаметр менее 10 мкм, но наибольшую опасность среди них представляют частицы диаметром менее 2,5 мкм в связи с их высокой проникающей способностью и вероятностью проникновения и прикрепления в альвеолах [4,50,64,99,109,110,114,118 и др.].

Газообразные вещества, входящие в состав древесного дыма, условно делятся по механизму действия на раздражители (раздражающие вещества), к которым относятся акролеины, альдегиды, соли аммония, хлориды и хлористый водород, изоцианиды, оксиды азота, оксиды серы и так называемые удушающие вещества (вещества, препятствующие снабжению тканей кислородом). Последние представлены оксидами углерода, метаном, азотом и цианидами - газами, разрывающими связь кислорода с гемоглобином или снижающими парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе [264,280,291]. Раздражители обладают комплексным цитотоксическим, дискринным и бронхоспастическим действием, что определяет последствия острого поражения органов дыхания дымом [277, 278].

Угарный газ (СО) является наиболее мощным и опасным источником загрязнения воздуха во время пожара. В природных условиях в атмосферном воздухе крупных промышленных городов среднее содержание СО достигает 6-8 мг/л, что близко к значениям ПДК. Концентрация СО, превышающая

максимально допустимую, приводит к физиологическим изменениям в организме человека. Угарный газ является активным газом, который легко соединяется с гемоглобином с образованием карбоксигемоглобина. Увеличение содержания последних в крови приводит к гипоксии, которая усугубляется нарушением функции внешнего дыхания.

Угарный газ помимо гипоксического действия оказывает гемотоксическое и нейротоксическое действие. Тяжелое отравление угарным газом может проявляться изменением сердечной и дыхательной деятельности, головными болями, сонливостью, нарушением некоторых психомоторных функций, отеком головного мозга [153 и др.].

Дым торфяных пожаров по своему составу представляет собой аэрозольно-газовую смесь, в которую входят: CO, CO₂, NO₂, SO₂; водяные испарения; твердые частицы 90% которых имеют размеры меньше 0,1 мкм. в состав которых входят сажи, золы, пепел и смолы; продукты трансформации компонентов горючего материала [153]. Так же в задымленном воздухе присутствуют также акролеин и ацетальдегид в концентрациях, превышающих ПДК.

По данным Министерством здравоохранения и социального развития, в июле 2010 г. смертность в России увеличилась на 8,6% в годовом исчислении (в январе-июне смертность снизилась). В некоторых районах, охваченных пожарами и/или задымлением, смертность в июле 2010 г. (по сравнению с июлем 2009 г.) увеличилась более значительно:

- в Москве – на 50,7%;
- Ивановской обл. – 18,3%
- Московской и Тульской обл. – 17,3%
- Республике Татарстан – 16,6%
- Рязанской обл. – 13,5%
- Ульяновской обл. – 13%
- Тамбовской обл. – 11,1%
- Липецкой обл. – 9%

- Республике Мордовия – 6,8%.

Торфяные пожары причиняют огромный ущерб окружающей среде, качеству жизни человека, эффективности его деятельности, а также в целом экономике страны. Эколого-экономический ущерб от лесного пожара имеет следующую структуру [92]. Согласно заключению Общественной комиссии по расследованию причин и последствий природных пожаров в России материальный ущерб был оценен в 12 млрд. руб. [95]. В оценку не был включен ущерб имуществу причинённый огнем природных пожаров.

По независимой оценки Центра охраны дикой природы, общий экономический ущерб от природных пожаров, прогнозируется на уровне 10 трлн. руб. (375 млрд. дол.).

В процессе торфяных пожаров в РФ, по результатам исследований геобиоцентра Мюнхенского университета (Германия), в приземные слои атмосферы планеты выбрасывается от 30 до 100 млн. тонн двуокиси углерода.

По оценкам специалистов, массовый выброс углекислого газа от природных пожаров в 2010 г. составил около 400 млн. т. (что соответствует 18 % всех годовых антропогенных выбросов парниковых газов в России). Пожары 2010 года внесли существенный вклад в глобальное потепление в Арктике: часть «черного углерода», выброшенного в атмосферу в результате лесных пожаров в России, попала на снежно-ледовый покров Арктики, что вызвало интенсивное таяние. Так, например, процент сажи («черного углерода»), который образуется в процессе неполного сгорания биомассы (в том числе природных пожаров) и ископаемого топлива, по расчетам, составляет не менее 30% от всего арктического потепления. Существенное влияние на погодные условия в регионе оказывают природные пожары. При длительном воздействии крупных природных пожаров или множества мелких пожаров в регионах образуются постоянные области повышенного давления. Циклоны обходят эти районы стороной, создавая в районе пожара самую сухую и жаркую погоду, чем обычно.

По результатам, представленным Министерством здравоохранения и социального развития, наиболее сильные природные пожары отмечаются на

территории 22 субъектов Российской Федерации, в основном расположенных в Центральном, Приволжском и Северокавказском федеральных округах. Особенно большой ущерб в Белгородской, Брянской, Воронежской, Ивановской, Калужской, Липецкой, Московской, Нижегородской, Новгородской, Рязанской, Смоленской и Тамбовской областях, а также республики Мордовия и Чувашия.

Все эти территории густо заселены и имеют большое количество жителей. Большая часть этих природных пожаров уничтожила участки в непосредственной близости от жилых домов. Кроме того, воздействие пожаров в виде задымления оказало сильное негативное влияние на здоровье населения крупных городов, в том числе Московской агломерации. Анализ ситуации показывает, что более 41 млн. человек оказываются непосредственно в зоне воздействия экстремально высоких температур атмосферы, природных пожаров и смога.

В результате торфяных пожаров в атмосферу было поступает большое количество взвешенных частиц (так называемый «черный углерод»), «парниковые» и химически активные газы (окись углерода, оксиды азота, диоксид серы), органические соединения (аммиак, формальдегид, фенолы, бенз(а)пирен, альдегиды, диоксины) и различные соединения. По информации, полученной со спутников НАСА «Терра» и «Аква», потоки восходящего раскаленного воздуха и продукты сгорания большого количества биомассы, в результате пожаров, могут подниматься до высоты более 12 км и попадать в стратосферу, и инициировать формирование облака-пирокумуляса (такое явление наблюдается исключительно только при извержении вулканов).

Торфяные пожары оказывают большое влияние увеличение сезонной глубины промерзания почв (в связи с выгоранием почвы, и уменьшения утепляющего воздействия, и как результата нарушением теплофизических параметров почвенных слоев), увеличивают поверхностный сток, и повышают степень деградации почв за счет увеличения водной и ветровой эрозии на значительных площадях.

Последствия эмиссии CO₂ в результате торфяных пожаров оказывают влияние на среду обитания, за счет разложения органической биомассы, которая была повреждена огнем, но не полностью разложилась.

Как правило, торфяным пожарам подвержены разработки торфа, которые должны были быть рекультивированны. Наиболее эффективным использованием является введение данных угодий в сельскохозяйственный оборот, поскольку они обладают высоким плодородием и производство продукции растениеводства требует минимальных затрат.

Земли, подлежащие рекультивации и прилегающие к ним сопредельные территории после окончания полного комплекса работ представляют собой органичный, сбалансированный и устойчивый к природным и антропогенным воздействиям ландшафт. Методы и способы рекультивации нарушенных торфяников, в результате антропогенного воздействия, и меры предотвращения негативного воздействия болот, в том числе и возникновения торфяных и лесных очагов возгораний, могут использоваться в самых различных торфяно-болотных системах в любом состоянии (естественном, частично нарушенном или полностью нарушенном).

Если рекультивация земель для сельскохозяйственного назначения не целесообразна, то, как правило, такие территории используются для создания лесонасаждений и увеличения лесного фонда, улучшения природной среды и защиты от негативного воздействия почвенной и ветровой эрозии. Еще одним способом рекультивации выработанных торфяников является регенерация болотной экосистемы или повторное заболачивание. Рекультивационные работы по повторному заболачиванию основываются на субстратном принципе развития болот, а также на разности скоростей физических, химических и биохимических реакций протекающих в верхнем слое торфяного тела и его частях.

Определение торфяно-болотные техносистемы означает внедрение в естественную болотную экосистему извне элементов техносферы. Техносистема может органично представлять и дополнять часть болота, например как искусственный вживленный орган, и способствовать интенсивному вторичному

заболачиванию выработанных торфяников. Экстенсивные методы восстановления болотных экосистем и создания нового слоя торфа, представляют собой мало управляемый природный процесс.

Управляемые природные экосистемы можно разделить на:

- прежде нарушенные (регенерируемые)
- вновь создаваемые (генерируемые).

Регенерируемые экосистемы меняют направление своего развития под техногенным воздействием, но сохраняют способность к самовосстановлению.

Под регенерацией болот подразумевается совокупность естественных процессов и искусственных мероприятий, влияющих на возобновление болотообразования и торфообразования. Большинство нарушенных торфяников представляют собой поля добычи торфа или регенерируемые естественным путем участки его добычи. Болото восстанавливается естественным путем, но оставшаяся структура техносистемы направляет развитие болотной экосистемы [104,106 и др.].

Наиболее экономически эффективным является рекультивация выработанных торфяников под сельскохозяйственное использование с последующим производством растениеводческой продукции, которая может состоять из одного или двух этапов, технического с применением комплекса машин и биологического для производства сельскохозяйственной продукции. На выработанных торфяниках присутствует мелиоративная осушительная система, поэтому их вовлечение в сельскохозяйственный оборот регламентируется Государственной программой эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731. На достижение этих целей из федерального бюджета до 2031 года предполагается выделить более 500 млрд рублей. Ответственным исполнителем госпрограммы назначено Министерство сельского хозяйства РФ.

7.1 Выводы по главе

1. В результате торфяных пожаров повреждены или полностью уничтожены земли на территориях 69 субъектов страны.

2. Выявлено, что истинными причинами угрожающих темпов распространения торфяных пожаров является несовершенство комплекса организационно-технологических, институциональных, экономических, социальных, климатических факторов.

3. Доказано, что при возникновении очагов тления или горения торфяного слоя данный процесс происходит на поверхности и очаг распространяется вглубь торфяника.

4. Определены основные категории последствий деградации торфяных почв: экологические, экономические и социальные. Экологические последствия включают утрату биоразнообразия в результате разрушения местообитаний, изменения видового состава и генетической деградации, снижение ценности ландшафтов, снижение водозадерживающей способности территорий, климатические изменения и деградацию земель, в том числе почвенную эрозию. Экономические и социальные последствия деградации:

- 1) повреждение почвы (в процессе медленного сгорания органической массы и почвенного гумуса);
- 2) возрастание угрозы эрозии (особенно на склонах и уязвимых почвах);
- 3) изменения видового состава растительности;
- 4) гибель растений и животных;
- 5) экономические последствия при утрате плодородных почв;
- 6) жертвы среди населения.

5. Определены основные неблагоприятные экологические последствия торфяных пожаров:

- а) дефицит общего содержания озона и как следствие - повышенная ультрафиолетовая облученность при сухой и очень малооблачной погоде;
- б) высокое загрязнение приземного воздуха;

в) масштабный перенос продуктов горения и выбросов загрязняющих веществ, обусловленных торфяными пожарами.

6. Аномально высокие значения температур атмосферного воздуха и торфяные пожары привели к серьезному ухудшению демографической и социально-экономической ситуации в России. Экономический ущерб России вследствие природных пожаров и высоких температур воздуха, по оценкам экспертов, составили около 1% ВВП. В результате торфяных пожаров выбросы загрязняющих веществ в атмосферу оказали крайне негативное влияние состояние здоровья населения, увеличилось количество различных нарушений здоровья, обострились предшествующие заболевания, повысилась смертность населения.

7. При торфяных пожарах. в атмосферу поступает огромное количество взвешенных частиц (сажа или «черный углерод»), окись углерода, оксиды азота, диоксид серы, аммиак, формальдегид, фенолы, бенз(а)пирен, альдегиды, диоксины. Это оказывает негативное воздействие на здоровье населения.

8. Созданная новая система мониторинга позволяет оценить степень пожарной опасности территорий и принять превентивные меры, что значительно эффективнее, чем ликвидация самого пожара. По совокупности ряда условий определяется готовность торфа к вынужденному зажиганию от нагретых тел и самовозгоранию. Метод основан на принципе сравнения температурных и влажностных условий поверхности торфа и сканируемых нижних слоев, которые автоматически оцениваются по разработанному алгоритму, и определяется степень пожарной опасности торфа.

9. Наиболее экономически эффективным является рекультивация выработанных торфяников под сельскохозяйственное использование с последующим производством растениеводческой продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Торфяные запасы – это природный ресурс органического происхождения (энергетический, промышленный и агрохимический) широко используемый в сельском хозяйстве.

2. Дефицит веществ органического происхождения в почвах на большей части Российской Федерации, в том числе и черноземных, привело к интенсивному использованию торфяных месторождений.

3. Как правило, пожары на торфяниках происходят: при значительном понижении уровня грунтовых вод за счёт прекращения капиллярного подпитывания, в условиях выпадения малого количества осадков, и при высоких температурах воздуха, в том числе и на осушаемых землях сельскохозяйственного назначения.

4. Осушаемые торфяные почвы в России в настоящее время используют, преимущественно, для возделывания пропашных и зерновых в условиях черной культуры земледелия.

5. Поверхность выработанного торфяника при черной культуре освоения открыта для возникновения торфяных пожаров.

6. Торфяные почвы характеризуются в естественном сложении и водном питании высокой теплоёмкостью и высокой теплопроводностью. Понижение уровня грунтовых вод приводит к изменению их теплового режима, что связано с увеличением воздушной фазы почвы.

7. В отличие от самовоспламенения самовозгорание может происходить при комнатных температурах.

8. Критические значения параметров возгорания торфа в естественных условиях возникают по причине совпадения ряда природных условий таких как, высокая температура воздуха, низкий уровень грунтовых вод и, как следствие, отсутствие капиллярного подпитывания зоны аэрации торфяной почвы, высокое содержание в ней кислорода, отсутствие выпадения осадков в течение длительного времени во время пожароопасного периода.

9. Снижение теплопроводности и объёмной теплоёмкости почвы при понижении уровня грунтовых вод и уменьшении капиллярного подпитывания, приводят к повышению температуры верхнего слоя почвы и увеличению суточных амплитуд колебаний температур, что подтверждается проведенными полевыми исследованиями.

10. Понижение уровня грунтовых вод ведёт к уменьшению испарения за счёт снижения влажности. Осушение слоёв почвы значительно снижает их теплоёмкость и теплопроводность. Величина альбедо для чёрной торфяной почвы составляет 8 – 10 % и 20 – 23% для почвы покрытой растительностью.

11. Доработанная математическая модель, с учетом полевых исследований, позволяет прогнозировать возможность возникновения торфяного пожара. Максимальное расхождение между расчетными и опытными полевыми данными составило 18,3%, минимальное 1,6%, а среднее 9,2%.

12. В период вегетации сельскохозяйственных культур торфяные почвы высыхают до пожароопасного состояния не только из-за отсутствия осадков, высыханию способствует возделываемые культуры, которые работают как испаритель воды за счет высокой транспирации или испарительной способности.

13. В качестве существующих противопожарных, профилактических мероприятий наиболее эффективным является вовлечение выработанных торфяников в сельскохозяйственный оборот и применение специальных обработок с использованием комплекса машин в условиях черной культуры освоения, при котором происходит изменение водно-физических свойств слоя торфа, что препятствует возникновению пожара.

14. Если увеличить плотность верхнего торфяного слоя до максимальных значения то пожароопасный период сдвигается до 8 месяцев, тогда как в средней полосе его длительность составляет 4 месяца с апреля по август, то есть возникновение торфяных пожаров на торфяниках становится не возможным. Плотность торфа считается максимально устойчивой характеристикой. Её величина способна колебаться в узком диапазоне от 1,65 и до 1,43 г/куб. см для верхового торфа и от 1,78 до 1,56 г/куб. см для низинных слоёв.

15. Систематические обработки почвы приводят к уменьшению плотности верхнего слоя торфяной почвы, что является предпосылкой к возгоранию верхнего слоя торфа, и создают предпосылки к возникновению торфяного пожара от выхлопных систем машин используемых для выращивания и уборки сельскохозяйственных культур в вегетационный период, который, как правило, характеризуется высокими температурами воздуха, низким уровнем грунтовых вод, низкой плотностью верхних слоев почвы (за счет вегетационных обработок) и малым количеством осадков, а также возможностью возникновения процессов самовозгорания и вынужденного зажигания, при выращивании пропашных культур на выработанных торфяниках.

16. На выработанных торфяниках, используемых для выращивания сельскохозяйственных пропашных сельскохозяйственных культур обязательно проведение систематического мониторинга за теплофизическим состоянием торфяной почвы с целью предотвращения торфяных пожаров.

17. При возделывании на торфяных почвах пропашных культур применяются послепосевные обработки почвы такие как, боронование, междурядное рыхление, окучивание и прореживание растений в рядках, что изменяется теплофизические свойства торфа, насыщая его окислителем, уменьшает объемную плотность верхнего пожароопасного слоя и способствует разрыву капиллярных связей с грунтовыми водами, которые в середине вегетационного периода находятся на максимальной глубине от поверхности.

18. Наиболее распространёнными способами, позволяющим осуществлять мониторинг пожароопасных территорий, можно назвать использование специализированной аппаратуры, работающей в инфракрасной области электромагнитного излучения, которые фиксируют достаточно крупные очаги пожара, и требуют значительных сил и средств на их ликвидацию.

19. Новый способ мониторинга позволяет определять степени пожарной опасности торфяников в реальном режиме времени, а также накапливать данные, на основе которых можно заблаговременно составлять прогнозы развития пожароопасной ситуации с привязкой к метеоданным.

20. Разработанный способ мониторинга позволяет принять предупредительные меры и не допустить возгорания торфяной почвы на сельскохозяйственных угодьях.

РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Научная перспектива заключается в дальнейшем проведении исследований по возникновению торфяных пожаров на землях сельскохозяйственного назначения.

2. Совершенствование системы мониторинга за пожарной опасностью торфяных почв и технологических операций по изменению их теплофизических свойств.

3. При низком плодородии почв Центральной Нечерноземной зоны РФ в соответствии с Государственной программой эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, согласно Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731, необходимо вводить в оборот выработанные торфяники, которые обладают высокой продуктивностью и наличием мелиоративной системы.

4. Разработанный способ мониторинга и технологическая схема по изменению теплофизических свойств торфяных почв с комплексом машин рекомендуется к применению как на вводимых, так и используемых в сельскохозяйственном обороте торфяниках.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- n – относительный температурный градиент;
- a – коэффициент температуропроводности;
- c_p – удельная теплоёмкость;
- ρ – плотность;
- $P_+(T)$ – адиабатическая скорость самонагрева в зоне горения (или тления);
- Ψ – критерий неравномерности нагрева;
- α – коэффициент теплоотдачи от зоны горения с тыльной стороны;
- $L_{\text{ПР}}$ – ширина зоны прогрева;
- δ_G – ширина зоны горения;
- U_H – нормальная скорость распространения горения;
- Q – тепловой коэффициент реакции;
- c – концентрация недостающего компонента;
- ν – порядок реакции;
- K_0 – предэкспонент константы скорости реакции;
- E – энергия активации;
- R – универсальная газовая постоянная;
- T – температура;
- Z – новый предэкспотенциальный множитель;
- α – коэффициент теплоотдачи от поверхности тела к окружающей среде;
- F – площадь поверхности;
- T_B – критическая температура самовоспламенения вещества;
- δ_∞ – число Франка-Каменецкого;
- T_0 – критическая температура окружающей среды;
- λ – коэффициент теплопроводности;
- R_x – определяющий размер тела (при форме цилиндра радиус);
- Q – тепловой коэффициент реакции;

- $R = k_B \cdot N$ – универсальная постоянная, равная произведению константы Больцмана (k_B) и числа Авогадро (N);
- i – критерий формы, для неограниченных плоскостей;
- B_i – критерий Био;
- S_e – критерий Семёнова;
- M – критерий тепловой инерции;
- Π_o – темп охлаждения объекта
- T_H – начальная температура расчёта;
- A – постоянный коэффициент;
- $T_x = T_c$ – параметр распределения характеристической температуры;
- E_0 – максимальное значение активации реакции окисления;
- θ – доля переменной поверхности контактирующей с окислителем;
- P' – скорость охлаждения;
- $\Delta\tau$ – отрезок времени;
- V – объём;
- $\Delta T_{Ц}$ – разность между температурой теплофизического центра нагреваемого материала и окружающей среды;
- W – содержание влаги от массы абсолютно сухой почвы;
- P_C – масса абсолютно сухой почвы;
- P_B – навеска влажной почвы;
- W' – влажность почвы;
- h – слой почвы;
- S – удельная поверхность образца;
- F – полная наружная поверхность тела;
- t_1 – показания центральной термопары №1;
- t_2 – показания внешней термопары №2 в контейнере;
- t_3 – показание внешней термопары №3 в сушильном шкафу;

W_{H12} - влажность образца на начало измерений;

тчк. 1. – точка 1;

тчк.2. – точка 2;

U –интенсивность испарения влаги из образца;

τ –время от начала до конца эксперимента;

Δ - уровень грунтовых вод;

$q\downarrow$ – инфильтрационный поток влаги в грунтовые воды;

$q\uparrow$ – капиллярное подпитывание за счёт грунтовых вод;

Π – поступление влаги за счёт атмосферных осадков или дополнительного увлажнения;

ΔW –изменение влагозапасов в расчётном слое почвы;

O_c –атмосферные осадки;

$\uparrow q_1$ –капиллярное подпитывание за счёт грунтовых вод;

$\downarrow q_2$ –отток в грунтовые воды за счёт инфильтрации в грунтовые воды;

Π –приток поверхностных вод,

$\bar{\Pi}$ –приток грунтовых вод,

O –отток поверхностных вод,

\bar{O} –отток грунтовых вод,

K –конденсация влаги,

E_{TP} –испарение влаги растениями,

E_{Π} –физическое испарение влаги с поверхности почвы;

t - температура воздуха;

ψ –капиллярный потенциал;

k – коэффициент влагопроводности, зависящие от влажности почвы;

z –ось направленная вниз;

E^* –испаряемость с растительности;

q_1^{\max} –максимально возможное подпитывание со стороны грунтовых вод;

K_1 –коэффициент влагопроводности почвы при влажности равной ПВ;

z_0 —толщина корнеобитаемого слоя;

T_{II} —температура поверхности торфа в $^{\circ}\text{C}$ на интересующий момент времени;

T_{II}^H —начальная температура поверхности торфа в $^{\circ}\text{C}$, которая задаётся или определяется экспериментальным путём;

ΔT_{II} —приращение температуры поверхности торфа в $^{\circ}\text{C}$ за определённый интервал времени;

$T_{\text{окр}}$ —температура окружающего воздуха;

$\Delta \tau_{1.1}$ —интервал времени между характерной точкой 1 и точкой 1.1 в минутах;

$m_{\text{вн}}$ —стартовая или начальная масса воды в образце торфяной почвы, грамм;

S_{II} и S_P —прямая и рассеянная коротковолновая радиация, поступающая на деятельную поверхность почвы;

S_O —коротковолновая радиация, отражённая от деятельной поверхности почвы;

I_A —длинноволновое излучение атмосферы, представляющее часть коротковолновой радиации поглощённой водяными парами, газами, всевозможными примесями и излученное ими на землю;

I_3 —длинноволновое излучение земли;

P —поток тепла, определяемый, теплообменом поверхности почвы с вышележащими слоями воздуха;

LE —поток тепла, связанный с испарением или конденсацией (суммарное испарение);

L —скрытая теплота парообразования воды;

B —поток тепла в почву, определяемый теплообменом поверхности, с низлежащими слоями;

R_K —баланс коротковолновой радиации;

R_D —баланс длинноволновой радиации или эффективное излучение земли;

K_B, ρ_B —коэффициент турбулентной температуропроводности и плотность воздуха;

λ — коэффициент теплопроводности почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимическая характеристика почв СССР. Почвенно-агрохимическое районирование. — М.: Наука, 1976. — С. 290 — 345.
2. Адрихин П.Г. Влияние окраски почвы на ее тепловой и питательный режим //Почвоведение. — 1955. — №5. — С. 25—27.
3. Алексанкин А.В., Дружинин Н.И. Мелиорация земель в Нечернозёмной зоне РСФСР. — М.: Колос, 1980. — 280 с.
4. Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года: сб. докл. /под ред. д. физ.-мат.н. проф. Н.П. Шакиной. — М.: Триада, лтд. — 2011. — 72 с.
5. Андреев Ю.А. Оценка и прогноз пожарной опасности в лесу //Лесохозинформ. — 1990. — № 11. — С. 33 —38.
6. Андронова А.В., Артамонова М.С., Иорданский М.А, Гинзбург А.С., Гранберг И.Г., Минашкин В.М., Обвинцев Ю.И., Трефилова А.В. Дисперсный состав и содержание химических элементов в аэрозолях приземного слоя атмосферы г. Москвы //Безопасность жизнедеятельности. —2010. —№ 9. — С. 47–51.
7. Аномальная жара и смог покидают Москву: к пятнице температура упадет до +12//[Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.newsmsk.com/article/16Aug2010/smog_go.html].
8. Аномальная летняя жара увеличила смертность в стране //[Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ria.ru/danger/20101026/289296544.html>].
9. Анцишкин С.П. Противопожарная охрана лесов. — М.:Лесная промышленность, 1957. — 185 с.
10. Аравин В.И., Нумеров С.Н. Теория движения жидкостей и газов в недеформируемой пористой среде. — М.:Гостехиздат, 1953. — 616 с.
11. Артюхин Ю.П., Семёнов Ю.П., Сухих В.И., Щетинский Е.А. Методика организации и проведения космовизуальных наблюдений в целях охраны лесов от пожаров. — М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1987. — 35 с.
12. Арцыбашев Е.С. Лесные пожары и борьба с ними. — М.:Лесная

промышленность, 1972. — 152 с.

13. Арцыбашев Е.С. Проблема пожаров на оторфованных лесных землях //Санкт-Петербургскому научно-исследовательскому институту 75 лет: Тр. СПбНИИЛХ. - Вып. 2 (12). —СПб., 2004. —С. 240 —254.

14. Арцыбашев Е.С. Тушение лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками из облаков. — М.: Лесная промышленность, 1973. — 87 с.

15. Аршинова М.А., Русанов А.В., Соколов И.В.Ценные водно-болотные угодья Московской области //Водно-болотные угодья Московской области: природные, экономические и историко-культурные аспекты: глава в монографии. — М.: Wetlands International-Russia Programme, 2009. — 89 с.

16. Атлас почв СССР/под ред. И.С. Кауричева, И.Д. Громыко. — М.: Колос, 1974. — 167 с.

17. Афанасик Г.И., Шабан Н.С., Пятницкий В.Н., Трибис В.П. Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах. — Мн.: Урожай, 1980. — 136 с.

18. Афанасьева Т. В., Василенко В. И., Терёшина Т. В., Шеремет Б. В. Почвы СССР. — М.: Мысль, 1979. —С. 43 — 77.

19. Бабилов Б.В. Экология сосновых лесов на осушенных болотах. — Спб.: Наука, 2004. — 167 с.

20. Бабилов Б.В. Эффективность осушения лесных болот//в кн.: Гидролесомелиорация и ведение лесного хозяйства на осушенных землях. — СПб., 1993. — С. 12 —17.

21. Бабилов Б.В. Водный баланс осушенных лесных болот/в кн.: Проблемы лесомелиорации, водохозяйственного строительства и обустройства сельских территорий на современном этапе. — Горки, 2001. — С. 7 —9.

22. Барзыкин В.В., Мержанов А.Г. Исследование теплового взрыва конденсированных систем в условиях слабого теплообмена с окружающей средой //Журнал физической химии. —1964. —Т. 38. —№ 11. — С. 264 — 266.

23. Белоусов В.В. Фации и мощность осадочных толщ Европейской

части СССР//Труды Ин-та геологических наук АН СССР. — 1944. — Вып. 76.. — 407 с.

24. Блэк К. А. Растения и почва. — М.: Колос, 1973. — 503 с.

25. Богушевский А.А. Изменение торфяных почв под влиянием мелиорации и сельскохозяйственного использования //Гидротехника и мелиорация.—1970. —№ 10.

26. Борисов А.А., Борисов Ал.А., Горелик Р.С. Экспериментальные исследования и математическое моделирование торфяных пожаров//Теплофизика лесных пожаров. — Новосибирск: Наука, 1984. — С. 5 — 22.

27. Борисов А.А., Киселёв Я.С., Удилов В.П. Кинетические характеристики низкотемпературного горения торфа //Теплофизика лесных пожаров. — Новосибирск: ИТФСО АН СССР, 1984. — С. 23 — 30.

28. Брудастов А.Д. Осушение минеральных и болотных земель. — М.: Сельхозгиз, 1993. — 735 с.

29. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. — М.: Наука, 1969. — 244 с.

30. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. — 237 с.

31. Вагнер Б.Б., Дмитриева В.Т. Озера и водохранилища Московского региона: учебное пособие по курсу «География и экология Московского региона». — Москва, 2004. — 105 с.

32. Вадюнина А.В., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. — М.: Высшая школа, 1973. — 399 с.

33. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные пожары. — М.: Изд-во «Наука», 1973. — 198 с.

34. Вант Гофф Я.Г. Очерки по химической динамике. — М.: ОНТИ Химтеорет, 1936. — 178 с.

35. Варенцов В.С.Ю., Лазарев А.В. Технология производства фрезерного торфа. — М.: Недра, 1970. — 228 с.

36. Веселовский В.С., Алексеева Н.Д., Виноградова Л.П., Орлеанская

Г.Л., Терпогосова Е.А. Самовозгорание промышленных материалов. — М.: Наука, 1964. — 246 с.

37. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. — М.: Наука, 1974. — 120 с.

38. Вомперский С.Э. Биологические основы эффективности лесосоушения. — М.: Наука, 1968. — 312 с.

39. Вомперский С.Э. Влияние современного климата на болотообразование и лесомелиорацию // Структура и функции лесов Европейской России. — М.: Ин-т лесоведения РАН, 2009. — С. 31 — 54.

40. Вомперский С.Э., Глухова Т.В., Ковалев А.Г., Смагина М.В. Особенности низовых пожаров в сосняках на осушенных болотах. // Сб. науч. трудов. — Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2003. — Вып. 58. — С. 105 — 106.

41. Вомперский С.Э., Глухова Т.В., Смагина М.В., Ковалев А.Г. Условия и последствия пожаров в сосняках на осушенных болотах // Лесоведение. — 2007. — №6. — С. 35 — 44.

42. Гедрайтите В.А. Торф и его свойства // Мат-лы мол. науч. конф. — Томск, 2010. — Вып. 2. Проблемы естествознания. — С. 33-35.

43. Геоинформационные технологии и математические модели для мониторинга и управления экологическими и социально-экономическими системами: ред. кол.: Ю.И. Шокин [и др.] ; под ред. И.Н. Ротановой; Рос.акад. наук, Сиб. отделение, Ин-т водных и экологич. проблем. — Барнаул: Пять плюс, 2011. — 250 с.

44. Главацкий Г.Д. Организация обнаружения пожаров в лесах Сибири/Г.Д. Главацкий, В.М. Груманс // Лесное хозяйство. — 2001. — № 6. — С. 39 — 41.

45. Глобус А.М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 427 с.

46. Глобус А.М. Физика среды обитания растений. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — 304 с.

47. Годжелло М.Г. Взрывы промышленных пылей и их предупреждение. — М.: Минкомхоз РСФСР, 1952. — 143 с.

48. Голованов А.Н. Экспериментальное исследование процессов зажигания и горения торфяных залежей /А.Н. Голованов, Я.В. Суков, Ю.И. Прейс //Сопряженные задачи механики реагирующих сред, информатики и экологии: мат-лы VIII Всерос. конф. с уч. заруб. уч.— Томск, 2009.— С. 36—37.

49. Головки Д.Г. Влияние режима осушения на основные факторы роста и развития сельскохозяйственных культур //В кн.: Режим осушения и методика полевых научных исследований. — М.: Колос, 1971. — С. 50 — 94.

50. Горчаков Г.И., Свириденков М.А., Семутникова Е.Г., Чубарова Н.Е., Холбен Б.Н., Смирнов А.В., Емиленко А.С., Исаков А.А., Копейкин В.М., Карпов А.В., Лезина Е.А., Задорожная О.С. Оптические и микрофизические характеристики аэрозоля задымленной атмосферы Московского региона в 2010 г. //Доклады РАН. —2011. —Т. 437. — № 5. —С. 686—690.

51. ГОСТ Р 17.5.3.04-83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель. — М., 1984.

52. ГОСТ Р 22.1.02-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения. — М.: ИНК издательство стандартов, 1995.

53. ГОСТ Р 22.1.09-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. — М.: Госстандарт России, 1999.

54. ГОСТ Р 53325-2009. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний. — М.: Стандартиформ, 2009.

55. Грин А.М. Геосистема как объект мониторинга/В кн.: Геосистемный мониторинг в биосферных заповедниках. — М., 1984. — С. 43—54.

56. Даньшин Б.М. Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и ее окрестностей (природная зона) /Под ред. А.В. Симонова. — М.: Изд. Московского общества испытателей природы, 1947. — 308 с.

57. Демография и рынок труда // [Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.budgetrf.ru/Publications/mert_new/2010/MERT_NEW201010261624/MERT_NEW201010261624_p_004.htm].
58. Джанколи Д. Физика: В 2-х т. — М.: Мир, 1989. — Т. 1. — 656 с.
59. Дик Н. Е., Соловьёв А. И. Рельеф и геологическое строение. — В кн.: Природа города Москвы и Подмосковья. — М.-Л., АН СССР, 1947. — С. 7—59.
60. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. — М.: Колос, 1972. — 300 с.
61. Добрых В.А., Захарычева Т.А. Дым лесных пожаров и здоровье. — Хабаровск: Издательство ГОУ ВПО Дальневосточный государственный медицинский университет, 2009. — 201 с.
62. Добыча торфа и гидроторф // [Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.famhist.ru/famhist/klasson/hydrоторf.pdf>].
63. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1965.— 351 с.
64. Драйзел Д. Введение в динамику пожаров/Пер. с англ. К.Г. Бомштейна//под ред. Ю.А. Кошмарова и В.Е.Макарова. — М.: Стройиздат, 1990.— 424 с.
65. Душа-Гудым С.И. Закономерности пространственно-временного распределения лесных пожаров в РСФСР и повышение эффективности охраны лесов: автореф. дис. ... к. с.-х. н. — М., 1984. —18 с.
66. Евграфов А.В. Влияние орошения различными поливными нормами и крутизны склона на интенсивность эрозии дерново-подзолистых почв склоновых земель//Труды совета молодых ученых аграрных образовательных и научных учреждений.— М., 2008.—Т. 1. —С..60 —64.
67. Евграфов А.В. Водный режим земель и его взаимосвязь с торфяными пожарами: монография. — М.: Изд-во РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. — 164 с.
68. Евграфов А.В. Гидротермическая характеристика Московской области, с точки зрения торфяных пожаров//Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования

(МОАЭБП). — 2008.—Вып. №1 (8). — С. 58 — 62.

69. Евграфов А.В. Инновационный метод мониторинга лесоторфяных пожаров и его приборное обеспечение //Природообустройство.— № 3.— 2011.— С. 17 — 21.

70. Евграфов А.В. Использование сельскохозяйственной и специальной техники для тушения торфяных пожаров//Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина».— 2007.— Вып. 2(22). —С. 72 — 73.

71. Евграфов А.В. Мелиоративные мероприятия в системе борьбы с торфяными пожарами//Доклады ТСХА. — Вып. 279.— Ч.2.—М. Изд-во РГАУ-МСХА, 2007. —С. 225 — 227.

72. Евграфов А.В. Мониторинг уровня грунтовых вод с целью предупреждения лесоторфяных пожаров// Природообустройство.— 2012. —№ 1. — С. 19—21.

73. Евграфов А.В. Обоснование принципов моделирования самовозгорания торфяных почв//Вестник Калмыцкого института социально-экономических и социальных исследований.— 2008.—№ 1. — С. 28 — 31.

74. Евграфов А.В. Обоснование экономической эффективности экологического мониторинга торфяников в системе борьбы с торфяными и лесными пожарами//Вестник Калмыцкого института социально-экономических и социальных исследований.— Элиста, 2007.—№ 1. —С. 63 — 66.

75. Евграфов А.В. Причины возникновения лесных торфяных пожаров и разработка нового способа его предупреждения//Нива Поволжья.— Пенза, изд-во ФГОУ ВПО «Пензенская ГСХА», 2009.— №2 (11).—С. 87 —90.

76. Евграфов А.В. Развитие агропромышленного комплекса: перспективы, проблемы и пути решения. Влияние объёмной плотности торфяной почвы на процесс самовозгорания//Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 450-летию г. Астрахань. — Астрахань, 2008. — С. 66 — 69.

77. Евграфов А.В. Устройство для прогнозирования торфяных пожаров// Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП). —2008— Вып. №4 (11).— С. 62 — 68.

78. Евграфов А.В. Экономическая эффективность экологического мониторинга торфяников на основе оценки соотношения температур центра и поверхности иссушенного слоя торфа//Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». Экономика и организация производства в агропромышленном комплексе. —2008. — Вып. 5/1(30). — С. 73 — 75.

79. Евграфов А.В., В.М.Короткий, Г.Б.Мелентьев, Г.Т.Шкиперова, Е.Н. Малинина. Системное возрождение торфоразработок как инновационное направление в рациональном и экологически безопасном природопользовании //Сб. мат-лов Российской межрегиональной конференции «Ресурсно-экологические проблемы Волжского бассейна».— Владимир, 2011. —С. 10 —16.

80. Евграфов А.В., Дубенок Н.Н. Альтернативный способ экологического мониторинга пожаров на торфяных почвах //Доклады РАСХН. —2008.— № 6. — С. 34 — 35.

81. Евграфов А.В., Дубенок Н.Н. Математическая модель самовозгорания торфяной почвы//Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. научных трудов /Под общ. ред. Мажайского Ю.А.— Рязань: Мещерский ф-л ГУ ВНИИГиМ, —2008. —Вып. 3. —С. 56 — 61.

82. Евграфов А.В., Дубенок Н.Н. Результаты исследований и моделирования самовозгорания торфяных почв//Известия Тимирязевской сельскохозяйственной Академии. —2008. —№ 4. —С. 17 — 23.

83. Евграфов А.В., Дубенок Н.Н. Самовозгорание торфяной почвы при изменении водного и воздушного режимов //Плодородие.— 2008.—№ 5 (44). —С. 41 — 42.

84. Евграфов А.В., Климахина М.В. Моделирование сезонного изменения

плотности почв в Нечерноземной зоне РФ //Природообустройство.—№ 5.— 2010.— С. 55 —60.

85. Евграфов А.В., Климахина М.В. Экономическая эффективность использования экологически безопасного комплекса противоэрозионных мероприятий на склоновых землях //Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». Экономика и организация производства в агропромышленном комплексе. —2008. — Вып. 5/1(30). — С. 67 — 69.

86. Евграфов А.В., Харитонов С.И. Экологический мониторинг эрозии почв склоновых земель по водному и температурному режиму// Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2007. —№ 12.— С. 65 — 66.

87. Егармин П.А. Система детальной оценки пожарной опасности лесной территории: дис...к.т.н.. —Красноярск, 2005. — 142 с.

88. Ежегодный доклад об использовании лесов Российской Федерации за 2012 г. — М.: ФБУ ВНИИЛМ, 2012. — 123 с.

89. Ежков В.В., Метальников А.П., Исаев А.С., Сухих В.И., Щетинский Е.А. Эффективность использования космической информации в лесном хозяйстве // Исследования земли из космоса. —1986. — № 3. — С. 3—12.

90. Еланский Н.Ф., Мохов И.И., Беликов И.Б., Березина Е.В., Елохов А.С., Иванов В.А., Панкратова Н.В., Постыляков О.В., Сафронов А.Н., Скороход А.И., Шумский Р.А. Газовый состав приземной атмосферы в Москве в экстремальных условиях лета 2010 г. //Доклады РАН. — 2011. —Т. 437. — № 1. — С. 90—96.

91. Ефимов В.Н. Торф в сельском хозяйстве Нечернозёмной зоны: справочник/В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, Л.М.Кузнецова и др. Сост. В.Н Ефимов — Л.:Агропромиздат, 1987.— 303 с.

92. Животягина Н.И. Применение эколого-экономического ущерба в лесопользовании//Научный журнал КубГАУ, №88(04), 2013//[Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/51.pdf>].

93. Зайдельман Ф.Р. Гидрогеологический режим почв Нечернозёмной зоны. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. — 328 с.

94. Зайдельман Ф.Р. О глубоком осушении торфяников //Гидротехника и мелиорация. —1960. —№ 11. — С. 25 —31.

95. Заключение Общественной комиссии по расследованию причин и последствий природных пожаров в России в 2010 году // [Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.bellona.ru>].

96. Закон Московской области от 09.7.2010 №88/2010-ОЗ «О внесении изменений в Закон Московской области «Об административно- территориальном устройстве Московской области» (принят постановлением Мособлдумы от 01.07.2010 №5/125-П).

97. Залесов С.В. Лесная пирология: учебник /С.В. Залесов. — Екатеринбург: Изд-во «Баско», 2006. —312 с.

98. Зинов Г.И. Охрана лесов от пожаров: справочник /Г.И. Зинов. — М: Россельхозиздат, 1976. —189 с.

99. Зырянов В.С. Оценка воздействия на атмосферу продуктов горения лесных материалов в зонах техногенного загрязнения (на примере Иркутской области): автореф. дис. ...к. техн. н. — Братск, 2006. —21 с.

100. Идзон П. Ф. Лес и водные ресурсы. — М.: Лесная промышленность, 1980. — 153 с.

101. Идзон П.Ф., Пименова Г.С. Влияние леса на сток рек. — М.: Наука, 1975. — 108 с.

102. Инишева Л. И. Болотообразовательный процесс. Проведение полевых работ на болотных стационарах: методические рекомендации /Л.И. Инишева, О. А. Голубина.— Томск: Изд-во ТГПУ, 2010.—79 с.

103. Инишева Л.И., Махлаев В.К. Режимы пойменных торфяников: справочное пособие. — Томск: ЦНТИ, 2001. — 200 с.

104. Инишева Л.И. Мелиоративные режимы пойменных торфяников: справочное пособие /Л.И. Инишева, В.К. Махлаев.— Томск: Изд-во ЦНТИ, 2002.—100 с.

105. Инструкция по авиационной охране лесов. — М.: ВНИИЦлесресурс, 1998.— 154 с.

106. Инструкция по определению ущерба, причиненного лесными пожарами. — М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1998. — 30 с.

107. Информационный выпуск «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2012 году». — Красногорск, 2013. — 160 с.

108. Иоффе А.Ф., Ревут И.Б. Основы агрофизики. — М.: Физматгиз, 1959. — 903 с.

109. Исаева Л.К., Соловьёв С.В., Шилин С.А., Колычева Н.В. Мониторинг окружающей среды при растительных пожарах //Междисциплинарные исследования проблем обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в современных условиях: Сб. докл. XII междунар. науч.-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. — М.: ЦСИ ГЗ МЧС России, 2007. — С. 58.

110. Исаева Л.К., Сулименко В.А., Сулименко С.В., Соловьёв С.В. Оценка здоровья пожарных в связи с действием на органы дыхания токсичных продуктов горения //Вестник Академии Государственной противопожарной службы. — 2005. — № 3. — С. 73—81.

111. Исаева Л.К., Власов А.Г., Соловьёв С.В. Исследование свойств торфа при разработке профилактических мер и способов тушения торфяных пожаров //Вестник Академии ГПС МЧС России. — 2004. — № 2. — С. 52—60.

112. Исаева Л.К., Соловьёв С.В., Сулименко В.А., Шилин С.А. Экологические последствия лесных и торфяных пожаров в Московской области в 2002-2009 годах//Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2010б. — № 3. — С. 85—91.

113. Исаева Л.К., Наместникова О.В., Соловьёв С.В., Сулименко В.А., Шилин С.А. Пожарная и экологическая опасность торфяников //Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2010а. — № 3. — С. 29—35.

114. Исаков А.А., Аникин П.П., Елохов А.С., Курбатов Г.А. О характеристиках дымов лесных и торфяных пожаров в Центральной России летом 2010 г. //Оптика атмосферы и океана. — 2011. —Т. 24. — № 6. — С. 478—482.

115. Использование торфа как стратегического ресурса России в интересах многоотраслевой экономики. — М.: Российский национальный комитет, Некоммерческое партнерство «Российское и торфяное и биоэнергетическое общество», 2014. —18 с.

116. Капралов Е.Г. Основы геоинформатики: В 2 кн.: Учеб. пособие для студ. вузов /Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; Под ред. В.С. Тикунова. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — Кн. 2. — 480 с.

117. Карта помощи пострадавшим от пожара // [Электронный ресурс. Режим доступа: <http://russian-fires.ru/>].

118. Киреева Е.Д., Поповичева О.Б., Шония Н.К. Морфология и состав частиц дыма г. Москва, август 2010 г. //Тезисы докладов Всероссийского совещания «Состояние воздушного бассейна города Москвы в экстремальных погодных условиях лета 2010 года». — Москва, 2010. — С. 47.

119. Киселёв Я.С. Закономерность стационарного распределения активных центров в самонагревающихся материалах, твёрдых материалах по уровням энергии //Безопасность и экология Санкт-Петербурга. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999.— С. 299—302.

120. Киселёв Я.С. Физические модели горения в системе предупреждения пожаров. — Санкт-Петербургский университет МВД России, 2000. — 264 с.

121. Киселев Я.С., Удилов В.П. Предупреждение самовозгорания фрезерного торфа при хранении //Торфяная промышленность.— 1987. — № 6. — С. 20—22.

122. Ключева В.А. Влияние уровня грунтовых вод на температурный режим торфяной почвы // Сб. научн. тр. МГМИ.—1976.—Т. 40. —С. 19—21.

123. Князьков С. Очерки из истории Петра Великого и его времени. — М.: Культура, 1990. — 648 с.

124. Козлов В.А. Шатурская Мещера (эколого–географическое описание Шатурского района): кн. для учащихся. — Шатура, 1997.

125. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим. — М.: Гостехиздат, 1954. — 408 с.

126. Константинов А.Р. Испарение в природе. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — 532 с.

127. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России/Под общей ред. чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой. — Томск: ЦНТИ, 2005. — 99 с.

128. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России/ред. Л.И. Инишева.— Томск, 2003. — 60 с.

129. Концепция региональной целевой программы «Предотвращение и ликвидация возгорания торфяников и торфяных почв Московской области». — М.: ВНИИГиМ, 2010. — 150 с.

130. Копенкин В.Д., Копенкина В.Л. История науки и техники. Торфяное дело. — Тверь: ТГТУ, 2000. — 112 с.

131. Коровин Г.Н. Структура и механизм функционирования системы охраны леса от пожаров: автореф. дис...докт. с.-х н. — Красноярск, 1998. — 76 с.

132. Коровин Г.Н., Андреев Н.А. Авиационная охрана лесов. — М.: Агропромиздат, 1988.— 220 с.

133. Корслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твёрдых тел. — М.: Наука, 1964. — 487 с.

134. Крючков В.В., Никитин Е.Д. Анализ динамики почв при планировании мелиорации в таёжных районах Западной Сибири // В кн: Мелиорация земель Крайнего Севера. — М.: Колос. — 1977. —С. 141—155.

135. Кужман З.П. Классификация полей фрезерного торфа по склонности его к самовозгоранию //Торфяная промышленность.—1953. —№ 9. — С. 24 —27.

136. Курбатский Н.П. Некоторые вопросы стратегии, тактики и техники охраны леса от пожаров //Вопросы лесной пирологии. — Красноярск: ИЛиД СОАН СССР, 1972. —С. 119 —130.

137. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии //Вопросы лесной пирологии. — Красноярск: ИЛиД СОАН СССР, 1972 . — С. 171 —231.

138. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. — М.: Гослесбумиздат, 1962.—154 с.

139. Курбатский Н.П. Шкалы пожарной опасности для лесов Средней Сибири и Забайкалья/Н.П. Курбатский//Лесные пожары и борьба с ними. — М., 1963. — С. 108 —114.

140. Лавриченко В.М., Пушкарева Т.В., Деко И.А. Газовый режим осушенных торфяных почв и методы его регулирования //В кн.: Комплексные мелиорации.— М.: Колос, 1980. — С. 136—145.

141. Лапа И.З. Агроклиматические условия и микроклиматические особенности осушенных болот лесостепной зоны Украины //Водное хозяйство. — 1965. — Вып.1. — С. 97— 105.

142. Лесной Кодекс Российской Федерации.— М.: ВНИИЦлесресурс, 1997. — 66 с.

143. Лесной план Московской области. Кн. 1. — М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Рослесинфорг», Московский филиал государственной инвентаризации лесов, «Мослеспроект», 2009. — 430 с.

144. Лесной форум. Первая детальная карта изменений лесного покрова мира в XXI веке (с 2000 по 2012 гг.) // [Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?f=9&t=15806>].

145. Лесные пожары на территории России: состояния и проблемы/Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Сколов /под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. — М.:ДЭКС-Пресс, 2004. —312 с.

146. Липенский Г.П. Большая Шатура.— М.: Московский рабочий, 1980. —216 с.

147. Ловцова Н.В. Правовые отношения в лесном хозяйстве. — М.: ВНИИЛМ, 2001.— 240 с.

148. Лошкарева А. Геоинформационная система: теория, общая информация, руководство пользователя электронным атласом и базой данных

«Сохранение биоразнообразия лососевых рыб Камчатки и их устойчивое развитие». — М.: Изд-во ВНИРО, 2008. — 100 с.

149. Лундин К.П. Водные свойства торфяной залежи. — М.: Урожай, 1964.

150. Лупинович И.С. Изменение физико-биохимических свойств торфяно-болотных почв под влиянием мелиорации и сельскохозяйственного использования //В кн.: Изменение торфяных почв под влиянием осушения и использования. — Мн.: Урожай, 1969.— С. 34—50.

151. Лыков А.В. Теория теплопроводности. — М.: Высшая школа, 1967. — 599 с.

152. Львов П.Н. Профилактика лесных пожаров/П.Н. Львов, А.И.Орлов. — М: Лесная промышленность, 1984. —116 с.

153. Майорова Л.П., Садыков А.И., Сыч Ю.И. Оценка выбросов загрязняющих веществ и эмиссии углекислого газа при лесных пожарах (на примере Хабаровского края) //Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». —2013. — Т.4. — № 4. — С. 9—13.

154. Малый атлас СССР. — М.: ГУГК, 1981. — 80 с.

155. Марков Е.С. Мелиорация пойм нечернозёмной зоны. — М.:Колос, 1973. — 320 с.

156. Маслов Б. С. Гидрология торфяных болот /Б. С. Маслов. — Москва: Россельхозакадемия, 2009.—265 с.

157. Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот: учеб. пособие / Б. С. Маслов.— Томск: Изд-во ТГПУ, 2008.—423 с.

158. Маслов Б.С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование. — М.: Колос, 1970.— 232 с.

159. Маслов Б.С., Минаев И.В. Мелиорация и охрана природы. — М.: Россельхозиздат, 1985.— 271 с.

160. Матвеев П.М. Обнаружение лесных пожаров / П.М. Матвеев, А.М. Матвеев. — Красноярск: СТИ, 1994. —96 с.

161. Мелихов И.С. Лесная пирология. — М.:МЛТИ, 1983. —Вып. 5.— 60

с.

162. Мелихов И.С., Душа-Гудым С.И., Сергеева Е.П. Лесная пирология.— М.: МЛТИ, 1982.— Вып. 4.— 66 с.

163. Мержанов А.Г., Абрамов В.Г., Гонтовская В.Т. О закономерностях перехода от самовозгорания к зажиганию // Доклады АН СССР, 1963. —Т. 148.— № 1.— С. 156—159.

164. Миронов В.А. Основы построения интеллектуальных информационных систем для прогнозирования, предупреждения и ликвидации торфяных пожаров: монография/В.А.Миронов, Б.В.Палух, А.Н.Ветров/. Федеральное агентство по образованию. — Тверь: Тверской гос. техн. университет, 2004. — 104 с.

165. Миронов В.А., Женихов Ю.Н., Суворов В.И., Панов В.В. Торфяные ресурсы Тверской области (рациональное использование и охрана): монография. — Тверь: ред-изд. центр Тверского Государственного технического университета, 2006. —72 с.

166. Мирчик Г.Ф. Четвертичная история реки Волги выше Мологи//Труды комиссии по изучению четвертичного периода. —1935. —Т. IV. —Вып. 2. — С. 5—36.

167. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. — М.: Химия, 1979.— 424 с.

168. Муромцев Н.А. Водный режим почв в условиях двустороннего регулирования // Вестник сельскохозяйственной науки. — 1985.—№3. — С. 123—130.

169. Муруева Э.К. Развитие экологического учета (на примере лесного сектора экономики). — СПб.: Издательство Санкт-Петербургской академии управления и экономики, 2009. — 212 с.

170. Нейштадт М.И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания //в сб.: Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. — М.: Наука, 1977. — С. 39— 48.

171. Нерешенные экологические проблемы Москвы и Подмосковья. — М.:

Медиа-ПРЕСС, 2012. — 400 с.

172. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почвы. — М.: Наука, 1967. — 583 с.

173. Нестеров В.Г. Горимость лесов и методы её определения. — М.: Гослесбумиздат, 1949.— 75 с.

174. Нестеров В.Г. Пожарная охрана лесов. — М.: Гослесбумиздат, 1945.— 176 с.

175. Никитин Ю.А., Рубцов В.Ф. Предупреждение и тушение пожаров в лесах и на торфяниках. — М.: Россельхозиздат, 1986. — 96 с.

176. Никольский Ю.Н. Взаимосвязь между водным, газовым, тепловым и пищевым режимами осушаемых земель с грунтовым типом питания /В кн.: Комплексные мелиорации.— М.: Колос, 1980. — С. 90 — 99.

177. Никольский Ю.Н. Определение норм и сроков поливов дождеванием на осушенных землях грунтового питания // Сб. научных трудов МГМИ. Сельскохозяйственные мелиорации.— М., 1976.— Т. 40. — С. 30 —35.

178. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Московской области в 2010 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2011 год.— Пушкино, 2011.— 109 с.

179. Основы геоинформатики. Учебное пособие для студ. вузов в 2-х кн./Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; под ред. В.С. Тикунова. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 480 с.

180. Охрана лесов от пожаров. Комитет лесного хозяйства Московской области // [Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.old.klh.mosreg.ru/fire>].

181. Охрана лесов от пожаров. Сборник нормативных актов. — М.: ВНИИЦлесресурс, 1996. —217 с.

182. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: Методические рекомендации — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012.— 48 с.

183. Палюх Б.В., Ветров А.Н., Цветков Р.Е. Ситуационное моделирование

в системе раннего предупреждения торфяных пожаров //Математические методы в технике и технологиях. — Казань: КГТУ, 2005. —Т. 8.— С. 204 —206.

184. Памятка организатора борьбы с лесными пожарами. — Улан-Удэ: РИО Госкомиздата Бурятской АССР, 1987. — 16 с.

185. Панов В. В. Болотообразовательный процесс и торфяные ресурсы : восстановление торфяных болот: учеб. пособие / В. В. Панов.— Томск: Изд-во ТГПУ, 2007.—79 с.

186. Патент РФ на полезную модель № 106542. Комплексная система мониторинга и защиты торфяников от возгорания/А.В.Евграфов, П.С.Щербаков, В.Ю.Климахин; патентообладатель Евграфов А.В.; БИМП № 20, 20.07.2011.

187. Патент РФ на полезную модель № 67872. Система мониторинга температурного состояния торфяника/Н.Н. Дубенок, А.В. Евграфов; патентообладатель Евграфов А.В.; БИПМ № 31, 10.11.2007.

188. Патент РФ на полезную модель № 88970. Система защиты торфяников от возгорания/А.В.Евграфов, Н.Н.Дубенок, М.В. Климахина, С.И.Харитонов, А.В. Мялов; патентообладатель Евграфов А.В.; БИМП № 33, 27.11 2009.

189. Патент РФ на полезную модель №78033. Система автоматического полива растений для приусадебного хозяйства/А.В.Евграфов, Н.Н.Дубенок, М.В. Климахина, С.И.Харитонов, А.В. Мялов; патентообладатель Евграфов А.В.; БИМП № 32, 20.11.2008.

190. Переднев В.П., Аутко А.А., Коротневич А.И. Сдерживание процессов минерализации торфяно-болотных почв при возделывании овощных культур //Проблемы Полесья. — Мн.: Наука и техника, 1981. — С.108 — 111.

191. Перминов В. Математическое моделирование лесных пожаров. Возникновение верховых и массовых лесных пожаров. — М.: Книга по Требованию, 2011. — 292 с.

192. Пичугин А.В. Торфяные месторождения. — М.: Высшая школа, 1967. — 257 с.

193. Плюснин И.И. Мелиоративное почвоведение. — М.: Колос, 1971. —

415 с.

194. Подрезов Ю.В. Методологические основы прогнозирования динамики и последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций: автореф. дис... к. с.-х.н. — Красноярск 2005.— 35 с.

195. Подрезов Ю.В. Методологические основы прогнозирования динамики чрезвычайных лесопожарных ситуаций//Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. — Вып. 3. — М.: ВИНТИ, 2000.

196. Подрезов Ю.В. Основные положения метода комплексного ориентированного прогнозирования чрезвычайных лесопожарных ситуаций//Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. — М.:ВИПТИ, 2001. — Вып. 3. — 33 с.

197. Пожары торфяников в Московской области. Справка//[Электронный ресурс. Режим доступа: <http://beta.rian.ru/spravka/20100714/254723376.html>].

198. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Ст. сб./Под общ. ред. В.И. Климкина. — М.: ВНИИПО, 2012. — 137 с.

199. Потенциал и возможности использования торфа.- М.: Некоммерческое партнерство «Российское торфяное и энергетическое сообщество «НП <Росторф>», 2014.- 37 с.

200. Почвенно-геологические условия Нечерноземья. — М.: Изд-во МГУ, 1984. — 608 с.

201. Правила пожарной безопасности в лесах Российской Федерации// Сборник нормативных актов по пожарной безопасности в лесах Российской Федерации. — М., 1995. — С. 5 —17.

202. Природные пожары и аномальная жара в Российской Федерации: медико-санитарные рекомендации. //Всемирная организация здравоохранения, 2010 г. — 19 с.

203. Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года. — Рим, 2012. — 96 с.

204. Профилактика и меры предупреждения лесных пожаров в системе лесоправления Российской Федерации / Д. Ф. Ефремов, А. С. Захаренков, М. А.

Копейкин, Е. П. Кузьмичев, М. И. Сметанина, В. В. Солдатов; под общ ред. Е. П. Кузьмичева. — М.: Всемирный банк, 2012. — 104 с.

205. Пьявченко Н.И., Сабо Е.Д. Основы гидролесомелиорации. — М.: Гослесбумиздат, 1962. — 383 с.

206. Ревич Б.А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки //Экология человека. — 2011. — № 7. — С. 3— 9.

207. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Семутникова Е.Г. Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы в 2000-2006 гг. //Медицина труда и промышленная экология. — 2008. — № 9. — С. 29 — 35.

208. Ревут И.Б. Физика почв. — Л.: Колос, 1972. — 362 с.

209. Регулирование баланса органического вещества торфяных почв: рекомендации/под ред. Скоропанова С.Г. — Мн.: Урожай 1988. — 320 с.

210. Рекомендации по борьбе с крупными лесными пожарами на Дальнем Востоке. — Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1987. — 46 с.

211. Рекомендации по практической гидролесомелиорации /Под общ. ред. д. с.-х. н. В.К.Константинова. — СПб.: ФГУ «СПбНИИЛХ», 2006. — 118 с.

212. Романов В.В. Гидрофизика болот. — Л.: Гидрометеиздат, 1961.

213. Рязанцев С.В. Демографические и социально-экономические последствия аномально высоких температур и лесных пожаров в регионах европейской части России летом 2010 г. // [Электронный ресурс. Режим доступа: <http://isprras.ru/pics/File/Ryazanstev.pdf>].

214. Ряполова Л. М. Пожарная опасность припоселковых лесов, лесов особо охраняемых природных территорий и методы предупреждения в них пожаров: автореф. дис... к.с.-х.н. — Красноярск, 2004.— 25 с.

215. Сабо Е.Д., Иванов Ю.М., Шатилло Д.А. Справочник гидролесомелиоратора. — М.: «Лесная промышленность», 1981. — 200 с.

216. Сборник организационно-распорядительных документов по охране лесов от пожаров//Рекомендации по противопожарной профилактике в лесах и

регламентации работы лесопожарных служб; Рекомендации по обнаружению и тушению лесных пожаров; Положение о порядке отнесения территорий лесного фонда Российской Федерации и не входящих в лесной фонд Российской Федерации лесов к зонам и районам охраны. — М.: ВНИИЦлесресурс, 1997. — 120 с.

217. Семёнов Н.Н. Тепловая теория горения и взрывов//Усп. физ. наук. — 1940. —Т. 23.— Вып. 3. —С. 251-292.

218. Симонова А.А. Применение торфа. — Л.: Лениздат, 1989. — 123 с.

219. Скоропанов С.Г., Карловский В.Ф., Брезгунов В.С. Мелиорация и охрана окружающей среды. — Мн.: Урожай, 1973.— С. 36 — 126.

220. Соколов В.А. Проектирование противопожарных мероприятий при лесоустройстве //Горение и пожары в лесу. Ч. I. Профилактика и тушение лесных пожаров. — Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1979. — С. 80 —84.

221. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение /Под ред. ак. РАСХН Б.С.Маслова — М.: Ассоциация «Экост», 2001. — 607 с.

222. Спутниковая оценка повреждений лесов Московской области пожарами//[Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.aviales.ru/files/documents/2011/04/mo2010.pdf>].

223. Сретенский В.А. Экстренное тушение низовых лесных пожаров и торфяников без воды.— Пермь: изд-во Пермского гос. ун-та, 2004.—188 с.

224. Стадников Г.Л. Самовозгорание угля и породы, их геохимическая характеристика и методы опознавания. — М.: Углекимиздат, 1956.—476 с.

225. Старикова Е. Ю. Характеристика пирогенных торфяных почв / Е. Ю. Старикова, А. О. Наталенко, О. А. Голубина //Наука и образование: материалы XIII Всерос. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 20-24 апр. 2009 г.— Томск, 2009. —Т. 1. Естественные и точные науки.— С. 269 — 272.

226. Стародумов А.М. Охрана лесов от пожаров на Дальнем Востоке. — Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1952. — 40 с.

227. Статистический отчет Федеральной службы лесного хозяйства России за 1998 год (форма 5 ЛХ). — М.: Федеральная служба лесного хозяйства

России, 1999.

228. Статистический отчет Федеральной службы лесного хозяйства России за 1999 год (форма 5 ЛХ). — М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 2000.

229. Стрыгин Н.Н. Исследование процессов и факторов самовозгорания торфа//Труды ВНИИТП. — Вып. 16. — М.: Госэнергоиздат, 1958.—240 с.

230. Суков Я. В. Исследование параметров зажигания и горения торфа с помощью физического и математического моделирования: автореф. дис.. к. физ.-мат. н. — Томск, 2010.—23 с.

231. Сычев М.Ф. Экономика воспроизводства лесов /М.Ф. Сычев, Р.Ю. Селименков, З.С. Миронова, А.И. Тукмачева. — Вологда: ИСЭРТ РАН, 2010. — 146 с.

232. Телицын Г.П. Метод определения пожарной опасности лесной территории //Лесные пожары и борьба с ними. — М.: ВНИИЛМ, 1987. — С. 13 — 28.

233. Теплофизические свойства разных видов торфа / А. Н. Голованов [и др.] // Математическое моделирование опасных природных явлений и катастроф: материалы VII Междунар. конф. Томск, 30 июня-4 июля 2008 г.— Томск, 2008.— С. 32.

234. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. — М.: Изд-во МГУ, 1997. — 405 с.

235. Торфяной фонд РСФСР. Главное управление торфяного фонда при Совете министров РСФСР, 1948. — 177 с.

236. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации / [А. А. Сиринов [и др.]; под ред. А. А. Сирина, Т. Ю. Минаевой.— М.: ГЕОС, 2001.—190 с.

237. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения.— М.: Недра, 1976.—488 с.

238. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. — М.: ВНИИЦлесресурс, 1995.

239. Указания по проектированию противопожарных мероприятий в лесах СССР //Всесоюзный государственный проектно-изыскательский институт

«Союзгипролесхоз». — М., 1982. — С. 48 —60.

240. Указания по противопожарной профилактике в лесах и регламентации работы лесопожарных служб, утвержденные и введенные в действие приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 29.10.1993. № 289.

241. Указания по противопожарной профилактике и регламентации работы лесопожарных служб. — М.: Гослесхоз СССР, 1973.

242. Усеня В.В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними. — Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. —206 с.

243. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетики. — М.: Наука, 1967. — 491 с.

244. Хейкурайнен Лео. Болота. — М.: Лесная промышленность, 1983.—41 с.

245. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования. — Херсон: Гринь Д.С., 2011. — 470 с.

246. Хоммик К.Т. Основы расчёта осушительных систем. — Таллин, 1966.— 290 с.

247. Циприс Д.Б. Орошение в Нечернозёмной зоне. — М.: Колос, 1973. — 191 с.

248. Циприс Д.Б., Саноян М.Г. Двустороннее регулирование водного режима почв. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — 184 с.

249. Чепель Т. В., Лямец Л. В. Влияние лесных пожаров на уровень детской инвалидности в Хабаровском крае //Динамика и состояние лесных ресурсов Дальнего Востока: материалы рег. конф. — Хабаровск, 2002. —С. 126–128.

250. Червонный М.П. Охрана лесов от пожаров. — М.: Гослесбумиздат, 1973. — 240 с.

251. Чечкин С.А. Водно-тепловой режим неосушенных болот и его расчет. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 208 с.

252. Чубарова Н.Е., Горбенко Е.В., Константинов П.И., Локощенко М.И.,

Незваль Е.И., Шиловцева О.А. Метеорологические, аэрозольные и радиационные характеристики атмосферы во время пожаров летом 2010 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ // Тезисы докладов Всероссийского совещания «Состояние воздушного бассейна города Москвы в экстремальных погодных условиях лета 2010 года—М., 2010. — С. 26.

253. Чуликов М.А., Чайков В.И. Торфяные пожары и меры борьбы с ними. — М.: Недра, 1969. — 112 с.

254. Шашко Д. И. Агроклиматическое районирование СССР. — М.: Колос, 1967. — 335 с.

255. Шебеко В.Ф. Испарение с болот и баланс почвенной влаги. — Мн.: Урожай, 1965. — 394 с.

256. Шебеко В.Ф. Тепловой режим торфяных почв // В кн.: Труды конференции по мелиорации и освоению болотных и заболоченных почв. — Минск: Изд-во АН БССР, 1956. — С. 127—163.

257. Шейнгауз А. С. Концепция развития лесного комплекса востока России: доклад на Первом Дальневосточном международном экономическом форуме. — Хабаровск, 2006. — 11 с.

258. Шпынев В.М. Влияние внешних факторов на самовозгорание торфа // Торфяная промышленность. — 1983. — № 12. — С. 19—20.

259. Шульгин А.М. Климат почвы и её регулирование. — Л.: Гидрометеиздат, 1972. — 299 с.

260. Щетинский Е.А. Авиационная охрана лесов. — М.: ВНИИЛМ, 2001. — 489 с.

261. Щетинский Е.А. Организация охраны лесов от пожаров и пути её совершенствования // Лесное хозяйство. — 1985. — № 5. — С. 70—72.

262. Щетинский Е.А. Основы борьбы с лесными пожарами. — М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1987. — 26 с.

263. Canova C, Dunster C, Kelly FJ, et al. PM 10 -induced hospital admissions for asthma and chronic obstructive pulmonary disease: the modifying effect of individual characteristics// Epidemiology. — 2012. — Vol. 23(4). — P. 607 – 615.

264. Cohen A.J., Anderson H.R., Ostro B. et al., Mortality impacts of urban air pollution. In: Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Due to Selected Major Risk Factors (Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL, eds.). —Geneva, World Health Organization. — 2004. — Vol. 2.
265. Currie J.A. Movement of gases in soil respiration. Sorption and Transport in Soils // Monograph. — London, 1970. — №3 —P. 152—171.
266. Currie J.A. Soil Respiration //Physical Conditions and Crop Production. — MAFF. — Techn. Bull., 1975. — Vol. 29. — P. 461—468.
267. Davis P., Brown A. Forest Fire Control and USE. — USA, 1959.— 1686 p.
268. Dennis R.J., Maldonado D., Norman S., Baena E. Wood smoke exposure and risk for obstructive airways disease among women//Chest. — 1996. — Vol. 109. — P. 115— 119.
269. Dossing M., Khan J., Rabiah F. Risk factors for chronic obstructive lung disease in Saudi Arabia // Respir. Med. — 1994. — Vol. 88. — P. 519— 522.
270. Dressler D.P., Skornik W.A., Kupersmith S. Corticosteroid treatment of experimental smoke inhalation //Ann. Surg.—1976.—Vol. 183.—P. 46— 52.
271. Garrett P, Casimiro E. Short-term effect of fine particulate matter (PM 2.5) and ozone on daily mortality in Lisbon, Portugal//Environ Sci Pollut Res Int. — 2011. —Vol. 18(9). —P. 1585 — 1592.
272. Hogg J.C. Bronchiolitis obliterans and wood-burning stoves //Canadian Medical Association Journal. — 1997. —Vol. 156. —№ 8. —P. 1147—1148.
273. Honicky R.E., Osborne J.S., Akrom C.A. Symptoms of respiratory illness in young children and the use of wood-burning stoves for indoor heating // Pediatrics. — 1985. — Vol. 75. — № 3. — P. 587—593.
274. Kasichke E.S., Bruhwiler L.P. Emissions of carbon dioxide, carbon monoxide, and methane from boreal forest fire in 1998//J. Geophys. Res. —2003. — 108 (D1). —8146, doi: 10.1029/2001JD000461.
275. Kinbara T., Akita K. Combustion and Flame. —1960. —t. 4. — № 2. — P. 173 — 180.

276. Koenig J.Q., Pierson W.E. Air pollutants and the respiratory system: toxicity and pharmacologic interventions //J. Toxicol. Clin. Toxicol. — 1991. — Vol. 29. — P. 401—411.

277. Kunzli N., Kaiser R., Medina S., Chanel O. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: an European assessment //Lancet. —2000. —Vol. 356. — P. 795—801.

278. Kunzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment//Lancet. — 2000. —Vol. 356 — 801 p.

279. La Protection des Forêts contre le Feu. — Québec, Canada, 1965. — 240 p.

280. Lai C. J., Kou Y. R. Stimulation of vagal pulmonary C. fibers by inhaled wood smoke in rats // J. Appl. Physiol., 1988. — Vol. 64. — №1. — P. 30—36.

281. Larson T.V., Koenig J.Q. Wood smoke Emissions and Non Cancer Respiratory Effects // Annual Review of Public Health. — 1994. — Vol. 15. — P. 133—156.

282. Namdeo A., Tiwary A., Farrow E. Estimation of age-related vulnerability to air pollution: assessment of respiratory health at local scale//Environ Int. — 2011. — Vol. 37(5). —P. 829 – 837.

283. Revich B.A, Shaposhnikov D.A. The Effects of Particulate and Ozone Pollution on Mortality in Moscow //Russia Air Qual. Atmos. Health. —2010. — Vol. 3. — P.117 — 123.

284. Rosenberg. C., Savolainen H. Mass fragmentographic determination of urinary amine metabolites in rats exposed to degradation products from heated rigid polyurethane //J. Chromatogr. — 1986. —Vol. 381. — P. 385—389.

285. Schwartz J., Slater D., Larson T.V., Pierson W.E. Particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in Seattle //Am. Rev. Respir. Dis. — 1993. — Vol. 147. — № 4. — P. 826—831.

286. Shirani K.Z., Pruitt B.A., Mason A.D. The influence of inhalation injury and pneumonia on burn mortality //Ann. Surg. — 1987. — Vol. 205. — № 1. — P. 82—87.

287. Shusterman D.J. Clinical smoke inhalation injury: systemic effects // Occup. Med. — 1993. — Vol. 8. — № 3. — P. 469—503.

288. Silverman RA, Ito K. Age-related association of fine particles and ozone with severe acute asthma in New York City//J Allergy Clin Immunol. — 2010. — Vol.125(2). —P. 67 – 373,

289. Smith K.A.,Dowdell R.I. Field studies of the soil atmosphere //J.Soil Sci, 1974. —Vol.25. — № 2.

290. Thomas P.H. On the thermal conduction equation for selfheating material with surface cooling //Trans Faraday Soc.1956. — Т. 54. —№ 421. — P. 833 — 839.

291. Young C.J., Moss J. Smoke inhalation: diagnosis et treatment //J. Clin. Anesth., 1989. — Vol. 5. —P. 377—386.

Ресурсы сети Интернет:

292. URL:<http://www.gks.ru/> Сайт Федеральной службы государственной статистики.

293. URL:<http://www.greenpeace.org/russia/ru/> Гринпис России.

294. URL:<http://www.gssmeteo.ru/> Методический кабинет Гидрометцентра России.

295. URL:<http://www.mnr.gov.ru/министерство/> Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

296. URL:<http://www.rosleshoz.gov.ru/dep/center/> Департамент лесного хозяйства по Центральному федеральному округу.

297. URL:<http://www.rosleshoz.gov.ru/> Сайт Федерального агентства лесного хозяйства.

298. URL:www.jpl.nasa.gov/news/news.cfm?release=2010-265/ Сайт Национального космического агентства США.

Приложения

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ



БЮЛЛЕТЕНЬ

**ИЗОБРЕТЕНИЯ
ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ**

**31
2007**

МОСКВА

ISSN 1683-2019



ИЗОБРЕТЕНИЯ ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ

БЮЛЛЕТЕНЬ
ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ
"ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ
ПРОМЫШЛЕННОЙ
СОБСТВЕННОСТИ
ФЕДЕРАЛЬНОЙ
СЛУЖБЫ ПО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И
ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ"

ИЗДАЕТСЯ С 1924 ГОДА
ВЫХОДИТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

(43) Дата публикации сведений о заявках на изобретения, помещенных в настоящем бюллетене, 10.11.2007 г.

(45) Дата регистрации изобретений и полезных моделей и дата публикации сведений о выдаче патентов, помещенных в настоящем бюллетене, 10.11.2007 г.

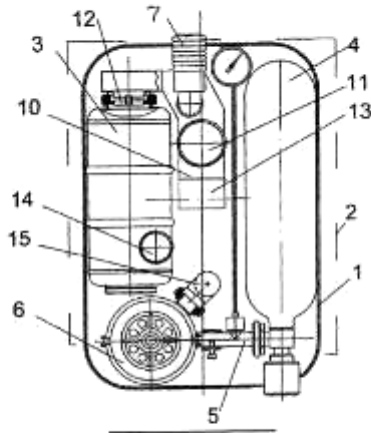
В настоящем бюллетене помещены сведения из официального бюллетеня Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам "Изобретения. Полезные модели" № 31 за 2007 г. на электронном носителе CD-ROM с поисковой системой

МОСКВА

31(III ч.)

2007

ес части, а клапаны установлены с возможностью стока с них слюны.



RU (11) 67871 (13) U1

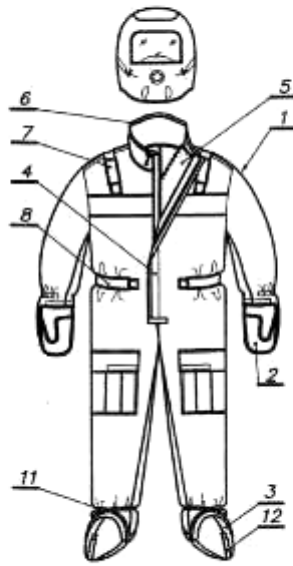
(51) МПК
A62B 17/00 (2006.01)
(21) 2007123417/22
(24) 21.06.2007

(22) 21.06.2007

(72) Семочкин Валерий Николаевич (RU), Фатхутдинов Равиль Хидялович (RU), Кашапов Наиля Фанкович (RU), Шуленко Ольга Григорьевна (RU), Байрамова Валентина Робертовна (RU)
(73) Федеральное государственное унитарное предприятие "Казанский химический научно-исследовательский институт" (RU)
Адрес для переписки: 420029, г.Казань, ул. Сибирский тракт, 27, ФГУП "Казанский химический научно-исследовательский институт"

(54) ФИЛЬТРУЮЩИЙ ЗАЩИТНЫЙ КОСТЮМ

(57) Фильтрующий защитный костюм, включающий капюшон со смотровым стеклом, комбинезон с цельноспинными чехлами для защиты рук и бахилами для обуви, отличающийся тем, что на комбинезоне в области плечевого пояса, на линии талии, на наружной стороне рукавов на запястьях, внешней части чехлов для рук, а также на нижней части брюк костюма и на передней части бахил имеются элементы регулятора роста и размера изделия в виде стержней эластичных и комбинированных с текстильными застежками.



RU (11) 67872 (13) U1

(51) МПК
A62C 3/00 (2006.01)
A62C 2/00 (2006.01)
(21) 2007117625/22
(24) 14.05.2007

(22) 14.05.2007

(72) Дубенок Николай Николаевич (RU), Евграфов Алексей Владимирович (RU)

(73) Евграфов Алексей Владимирович (RU)

Адрес для переписки: 111250, Москва, ул. Лефортовский пал, 16А, кв.17, А.В. Евграфову

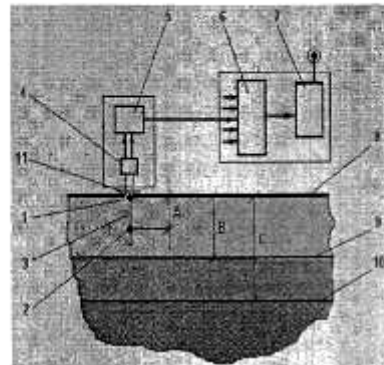
(54) СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНИКА

(57) 1. Система мониторинга температурного состояния торфяника, содержащая размещенные в его толще датчики температуры, соединенные через усилители сигналов с блоком регистрации, отличающаяся тем, что система содержит передающее устройство для связи с пунктом наблюдения, анализаторы сигналов от датчиков температуры и заглубляемые в торфяник измерительные штанги, распределенные на проблемной площади торфяника и снабженные датчиками температуры, закрепленными по высоте каждой из измерительных штанг для определения температуры в поверхностном и глубинных слоях торфяника, причем усилитель и анализатор сигналов установлены на выступающей части каждой штанги над поверхностью торфяника, соответствующие выходы датчиков температуры соединены через усилитель с входами анализатора сигналов, а его выход связан через многоканальный блок регистрации с входом передающего устройства.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что выходы анализаторов сигналов связаны с входами многоканального блока регистрации с помощью каналов проводной, радиоволновой или инфракрасной связи, а выход передающего устройства связан с пунктом наблюдения с помощью каналов радиоволновой или спутниковой связи.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что датчики размещены на измерительной штанге с возможностью погружения на заданную глубину и регулирования расстояния между ними.

4. Система по п.1, отличающаяся тем, что усилители и анализаторы сигналов снабжены средствами для предотвращения их обнаружения, а многоканальный блок регистрации и передающее устройство размещены в недоступной для посторонних зоне.



RU (11) 67873 (13) U1

(51) МПК
A62C 27/00 (2006.01)
(21) 2007120318/22
(24) 30.05.2007

(22) 30.05.2007

(72) Емельянов Евгений Анатольевич (RU)

(73) Божух Александр Петрович (RU), Богомолов Владимир Михайлович (RU), Винникова Ирина Ивановна (RU), Гизатуллин Шарифуллы Гарифуллович (RU), Гаврилов Алексей Николаевич (RU), Ерохин Александр Дмитриевич (RU), Елисеев Сергей Владимирович (RU), Елифанов Денис Валентинович (RU), Ерохин Евгений Владимирович (RU), Захаров Эдуард Анатольевич (RU),

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 67872

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРНОГО
СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНИКА**Патентообладатель(ли): *Евграфов Алексей Владимирович (RU)*Автор(ы): *Дубенок Николай Николаевич (RU), Евграфов
Алексей Владимирович (RU)*

Заявка № 2007117625

Приоритет полезной модели 14 мая 2007 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 10 ноября 2007 г.

Срок действия патента истекает 14 мая 2012 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ



БЮЛЛЕТЕНЬ

**ИЗОБРЕТЕНИЯ
ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ**

33
2009

МОСКВА

ISSN 1683-2019



ИЗОБРЕТЕНИЯ ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ

БЮЛЛЕТЕНЬ
ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ
"ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ
ПРОМЫШЛЕННОЙ
СОБСТВЕННОСТИ
ФЕДЕРАЛЬНОЙ
СЛУЖБЫ ПО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И
ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ"

ИЗДАЕТСЯ С 1924 ГОДА
ВЫХОДИТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

(43) Дата публикации сведений о заявках на изобретения, помещенных в настоящем бюллетене, 27.11.2009 г.

(45) Дата регистрации изобретений и полезных моделей и дата публикации сведений о выдаче патентов, помещенных в настоящем бюллетене, 27.11.2009 г.

В настоящем бюллетене помещены сведения из официального бюллетеня Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам "Изобретения. Полезные модели" № 33 за 2009 г. на электронном носителе CD-ROM с поисковой системой

МОСКВА

**33 (IV ч.)
2009**

RU (11) 88968 (13) U1

(51) МПК

A61N 5/067 (2006.01)

(21) 2008145731/22

(22) 19.11.2008

(24) 19.11.2008

(72) Куров Роман Николаевич (RU), Воронова Наталья Владимировна (RU), Иванов Сергей Анатольевич (RU), Жарков Михаил Николаевич (RU)

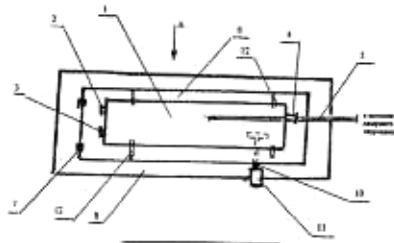
(73) Куров Роман Николаевич (RU), Воронова Наталья Владимировна (RU), Иванов Сергей Анатольевич (RU), Жарков Михаил Николаевич (RU)

Адрес для переписки: 443036, г. Самара-30, по требованию, Р.Н. Курову

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАСЫЩЕНИЯ КЛЕТКИ КРОВИ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ

(57) 1. Устройство для насыщения клеток крови лекарственными средствами, содержащее эластичный контейнер, снабженный патрубками для размещения в нем крови, лекарственных средств и введения оптического волоконного проводника, соединенного с источником галлий-неопового лазерного излучения, отличающееся тем, что контейнер размещен на рабочей площадке, одним концом шарнирно соединенной с основанием, причем нижняя поверхность площадки контактирует с рабочим элементом перемещающего устройства, выполненного в виде диска, эксцентрично установленного на валу электродвигателя.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что рабочая площадка снабжена элементами фиксации контейнера, выполненными в виде дружинных зажимов.



RU (11) 88969 (13) U1

(51) МПК

A61P 31/00 (2006.01)

(21) 2009124169/22

(22) 24.06.2009

(24) 24.06.2009

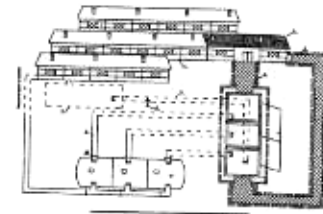
(72) Елисеев Алексей Николаевич (RU), Истомина Сергей Алексеевич (RU), Степанов Александр Анатольевич (RU), Белова Светлана Сергеевна (RU), Колосинцев Сергей Михайлович (RU), Колосников Александр Сергеевич (RU)

(73) Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Курская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора И.И. Иванова (RU)

Адрес для переписки: 305021, г. Курск, ул. К. Маркса, 70, КТСХА, вентильный отдел

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГРУППОВЫХ АППЛИКАЦИЙ ПРИ ГНОЙНО-НЕКРОТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЯХ ДИСТАЛЬНОЙ ЧАСТИ КОНЕЧНОСТЕЙ У КОРОВ

(57) Устройство для групповых аппликаций при гнойно-некротических поражениях дистальной части конечностей у коров, включающее животноводческие помещения для коров, санитарный блок для больных животных, прогон для перемещения животных из санитарного блока к ножным ваннам и из ножных ванн в санитарный блок, каскад ножных ванн, канализацию для сточной жидкости, сточную яму, задвижку трубопровода, трубопровод для дезинфицирующего раствора, клапан трубопровода, емкость для дезинфицирующего раствора, водопроводную систему животноводческих помещений.



A 62

RU (11) 88970 (13) U1

(51) МПК

A62C 3/00 (2006.01)

A62C 2/00 (2006.01)

(21) 2009123735/22

(22) 23.06.2009

(24) 23.06.2009

(72) Дубенок Николай Николаевич (RU), Егграфов Алексей Владимирович (RU), Харитонов Станислав Игоревич (RU), Климина Марина Владимировна (RU), Милош Андрей Вячеславович (RU)

(73) Дубенок Николай Николаевич (RU), Егграфов Алексей Владимирович (RU)

Адрес для переписки: 111250, Москва, ул. Лефортовский-вал, 16а, кв.17, А.В. Егграфову

(54) СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ТОРФЯНИКОВ ОТ ВОЗГОРАНИЯ

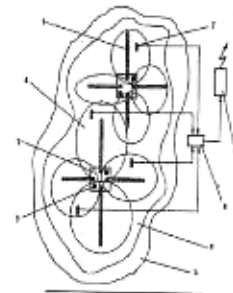
(57) 1. Система защиты торфяников от возгорания, включающая средства для нормированного увлажнения их поверхностных слоев, отличающаяся тем, что она содержит размещенные на площади торфяника водораспределительные каналы, заполненные водонепроницаемым или пористым синтетическим материалом, один конец которых погружен, по крайней мере, в одну накопительную емкость для заполнения ее грунтовой водой, причем водораспределительные каналы и верхняя часть накопительной емкости размещены на глубине 0,2-0,6 м от поверхности торфяника в зоне капиллярной полноты торфяника во влажные периоды.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что накопительные емкости выполнены из полимерного материала или из металла с антикоррозионным покрытием в виде короба или цилиндра объемом 0,5-3 м³, а их выводные водораспределительные каналы в количестве 2-8 шт. выполнены в виде шпунта из волокнистого синтетического материала длиной 3-25 м и диаметром 5-10 см.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что накопительные емкости выполнены закрытыми или открытыми в своей верхней части, их донная часть сообщается с полостью водозаборной скважины для заполнения емкости водой, а водораспределительные каналы расположены с уклоном 0,002-0,005 в направлении от накопительной емкости.

4. Система по п.1, отличающаяся тем, что она содержит средства мониторинга температурного состояния торфяника в виде расположенных

по его площади температурных датчиков, соединенных через блок регистрации с передающим устройством для связи с пунктом наблюдения.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 78033

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИВА РАСТЕНИЙ
ДЛЯ ПРИУСАДЕБНОГО ХОЗЯЙСТВА

Патентообладатель(и): *Дубенок Николай Николаевич (RU),
Евграфов Алексей Владимирович (RU)*

Автор(ы): *с.м. на обороте*

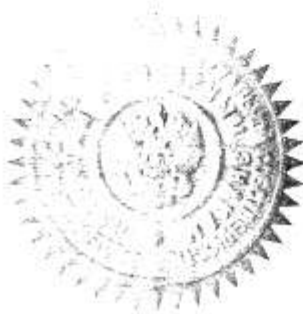
Заявка № 2008126063

Приоритет полезной модели 27 июня 2008 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 20 ноября 2008 г.

Срок действия патента истекает 27 июня 2018 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 88970

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ТОРФЯНИКОВ ОТ ВОЗГОРАНИЯ

Патентообладатель(ли): *Дубенок Николай Николаевич (RU),
Евграфов Алексей Владимирович (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2009123735

Приоритет полезной модели 23 июня 2009 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 27 ноября 2009 г.

Срок действия патента истекает 23 июня 2019 г.

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам*



Б.П. Симонов





ИЗОБРЕТЕНИЯ ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ

БЮЛЛЕТЕНЬ
ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ
"ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ
ПРОМЫШЛЕННОЙ
СОБСТВЕННОСТИ
ФЕДЕРАЛЬНОЙ
СЛУЖБЫ ПО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И
ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ"

ИЗДАЕТСЯ С 1924 ГОДА
ВЫХОДИТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

(43) Дата публикации сведений о заявках на изобретения, помещенных в настоящем бюллетене, 20.07.2011 г.

(45) Дата регистрации изобретений и полезных моделей и дата публикации сведений о выдаче патентов, помещенных в настоящем бюллетене, 20.07.2011 г.

В настоящем бюллетене помещены сведения из официального бюллетеня Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам "Изобретения. Полезные модели" № 20 за 2011 г. на электронном носителе с поисковой системой

МОСКВА

20 (IV ч.)

2011

A 62

RU (11) 106542 (13) U1

(51) МПК

A62C 2/00 (2006.01)

(21) 2011104075/12

(24) 07.02.2011

(22) 07.02.2011

(72) Евграфов Алексей Владимирович (RU), Шербаков Павел Сергеевич (RU), Каммахин Владимир Юрьевич (RU)
 (73) Евграфов Алексей Владимирович (RU), Шербаков Павел Сергеевич (RU)

Адрес для переписки: 111250, Москва, ул. Лефортовский вал, 16а, кв.17, А.В. Евграфову

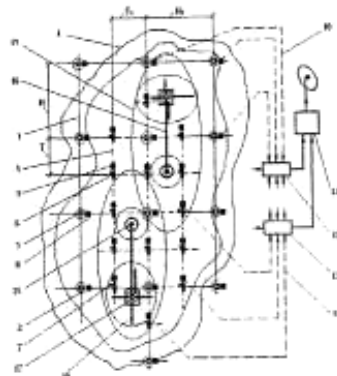
(54) КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ ТОРФЯНИКОВ ОТ ВОЗГОРАНИЯ

(57) 1. Комплексная система мониторинга и защиты торфяников от возгорания, включающая средства для определения их температурного состояния и нормированного увлажнения торфяников из накопительных емкостей с водораспределительными каналами, отличающаяся тем, что система содержит сеть измерительных скважин, снабженных датчиками уровня грунтовых вод и размещенных в зоне торфяника на расстоянии друг от друга 200-500 м, а также сеть заглубленных в торфяник измерительных штанг, снабженных датчиками температуры и размещенных, преимущественно, на возвышенных точках рельефа в проблемной зоне торфяника между измерительными скважинами на расстоянии друг от друга 100-250 м, причем выходы каждого из датчиков уровня грунтовых вод и температуры соединены через анализатор выходных сигналов и блок регистрации с входом передающего устройства для связи системы с пунктом наблюдения.

2. Комплексная система по п.1, отличающаяся тем, что средства для нормированного увлажнения торфяников включают дополнительные водоподводящие скважины с трубопроводами для соединения с одной из размещенных вблизи накопительных емкостей, причем створ каждой из водоподводящих скважин расположен в водоносном слое на глубине 5-20 м, предпочтительно, в зоне водоносного горизонта.

3. Комплексная система по п.1, отличающаяся тем, что датчики уровня грунтовых вод выполнены на основе скважинного уровнемера УСБ-Т, причем анализаторы выходных сигналов датчиков уровня грунтовых вод и датчиков температуры, соответствующие блоки регистрации и передающие устройства установлены на выступающих над поверхностью торфяника частях упомянутых измерительных скважин и штанг, а каждое из передающих устройств связано с пунктом наблюдения посредством каналов радиоволновой или спутниковой связи.

4. Комплексная система по п.1, отличающаяся тем, что указанные анализаторы могут быть установлены на упомянутых частях измерительных скважин и штанг, а выходы анализаторов скважины через канал радиосвязи с отдельно расположенными многоканальными блоками регистрации сигналов и передающим устройством.



RU (11) 106543 (13) U1

(51) МПК

A62C 13/00 (2006.01)

(21) 2010145418/12

(24) 28.10.2010

(22) 28.10.2010

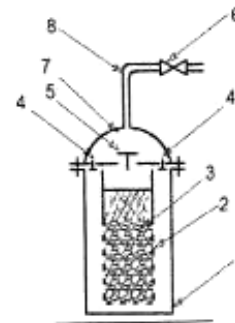
(72) Поляков Александр Степанович (RU), Кожевин Дмитрий Федорович (RU)

(73) Поляков Александр Степанович (RU), Кожевин Дмитрий Федорович (RU)

Адрес для переписки: 198330, Санкт-Петербург, Ленинский пр., 92, корп.3, кв.205, Д.Ф. Кожевину

(54) ПОРОШКОВЫЙ ОГNETУШИТЕЛЬ

(57) Порошковый огнетушитель, содержащий коммуникацию выдвигания огнетушащего состава, соединяющуюся с полостью корпуса огнетушителя, заполненной огнетушащим составом, и соединительную и запорно-регулирующую арматуру, отличающийся тем, что корпус оснащен сосудом для огнетушащего порошкового состава (ОПС), оболочка которого выполнена из одного или нескольких слоев пористых материалов, имеющих распределение пор по размерам, исключающее высыпание ОПС внутрь корпуса огнетушителя.



RU (11) 106544 (13) U1

(51) МПК

A62C 35/02 (2006.01)

(21) 2010146428/21

(24) 16.11.2010

(22) 16.11.2010

(72) Путинский Андрей Николаевич (RU)

(73) Путинский Андрей Николаевич (RU)

Адрес для переписки: 660016, Красноярский край, г.Красноярск, ул. Матросова, 10Д, ЗАО "ТЕХПОЛИМЕР", А.Н. Путинскому

(54) ПОЖАРНЫЙ ВОДОЕМ

(57) 1. Пожарный водоем, представляющий собой заглубленный в грунт котлован, выстланный полимерным материалом, отличающийся тем, что водозаборный водовод выполнен в донной части водоема и герметично состыкован с полимерным материалом, а забор воды осуществляется из утепленного берегового колодца.

2. Пожарный водоем по п.1, отличающийся тем, что полимерный материал представляет собой геомембрану из полипропилена и/или полиэтилена, выбранного из группы: низкое, высокое и среднее давления и/или их смеси.

3. Пожарный водоем по п.1, отличающийся тем, что толщина полимерного материала составляет 1,1-4,5 мм.

4. Пожарный водоем по п.1, отличающийся тем, что водозаборный водовод выполнен из полимерного материала.

5. Пожарный водоем по п.1, отличающийся тем, что оголовок водовода выполнен выше области стыка с полимерным материалом не менее чем на 0,5 м.

6. Пожарный водоем по п.1, отличающийся тем, что диаметр водовода составляет не менее 200 мм.

7. Пожарный водоем по п.1, отличающийся тем, что объем берегового колодца составляет 3-5 м³.

8. Пожарный водоем по п.1, отличающийся тем, что перед береговым колодцем на водозаборном водоводе установлен колодец с задвижкой, штурвал которой должен быть выведен под крышку ложа.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 106542

**КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ
ТОРФЯНИКОВ ОТ ВОЗГОРАНИЯ**

Патентообладатель(ли): *Евграфов Алексей Владимирович (RU),
Щербаков Павел Сергеевич (RU)*

Автор(ы): *Евграфов Алексей Владимирович (RU), Щербаков
Павел Сергеевич (RU), Климахин Владимир Юрьевич (RU)*

Заявка № 2011104075

Приоритет полезной модели 07 февраля 2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 20 июля 2011 г.

Срок действия патента истекает 07 февраля 2021 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 124176

**ПЛАСТМАССОВЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ СБОРНОГО
ФИЛЬТРА-КАРКАСА**

Патентообладатель(ли): *Евграфов Алексей Владимирович (RU),
Щербаков Павел Сергеевич (RU)*

Автор(ы): *Евграфов Алексей Владимирович (RU), Щербаков
Павел Сергеевич (RU)*

Заявка № 2012132620

Приоритет полезной модели 31 июля 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 20 января 2013 г.

Срок действия патента истекает 31 июля 2022 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2767075

Способ утилизации жидкой фракции животноводческих
стоков

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова" (ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова") (RU)*

Авторы: *Харитонов Станислав Игоревич (RU), Шевченко Виктор Александрович (RU), Бондарева Галина Ивановна (RU), Евграфов Алексей Владимирович (RU)*

Заявка № 2021121743

Приоритет изобретения 22 июля 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 16 марта 2022 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 22 июля 2041 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

**Общество с ограниченной ответственностью
«ТЕРРА»**

111574, г. Москва, пр. Одоевского, д. 3, корп. 7
Тел/факс: 8(499)917-04-17, e-mail: terra21@list.ru

ИНН/КПП 7728719347/772801001

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор ООО «ТЕРРА»
С.А. Сидоров
“ ” 2012 г.



АКТ

о внедрении результатов
докторской диссертационной работы
Евграфова Алексея Владимировича

Технические предложения и экспериментальные данные диссертационной работы, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук, использованы ООО «ТЕРРА» при разработке прибора для мониторинга – контроллера возгораний «Леший», на основе технических предложений и экспериментальных данных.

На прибор для мониторинга температурного состояния торфяников - контроллер возгораний «Леший» получен сертификат соответствия в ОС «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС» МВД России для его серийного выпуска на производственных мощностях компании «ТЕРРА».

Разработаны, сертифицированы и рекомендованы к практическому использованию технический комплекс приборов и программного обеспечения для определения степеней пожарной опасности торфяников и система их защиты от возгораний.


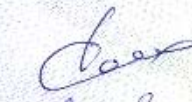

Технический комплекс приборов и программного обеспечения для определения степеней пожарной опасности торфяников экспонировалась ООО «ТЕРРА» на выставке «День передовых технологий и инноваций в системе МЧС России» и удостоены диплома выставки.

Использование указанных приборов и программного комплекса позволяет предупреждать возникновение торфяных пожаров, уменьшить экономический и экологический ущерб от природных пожаров.

Приложения: 1. Сертификат соответствия на контроллер возгораний «Леший».
2. Диплом выставки МЧС России.

Заместитель директора по производству

П.С.Щербаков

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ	
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ	
(обязательная сертификация)	
№	C-RU.ПБ16.В.00217
<small>(номер сертификата соответствия)</small>	<small>(учетный номер бланка)</small>
ТР	0640836
<small>(технический регламент)</small>	<small>(технический регламент)</small>
ЗАЯВИТЕЛЬ <small>(наименование и место нахождения заявителя)</small>	Общество с ограниченной ответственностью «Терра», Россия, 117574, г. Москва, пр. Оловянного, д. 3, корп. 7. Тел. /факс (499) 917-04-17, ОГРН 1097746798005.
ИЗГОТОВИТЕЛЬ <small>(наименование и место нахождения изготовителя продукции)</small>	Общество с ограниченной ответственностью «Терра», Россия, 115162, г. Москва, ул. Шухова, д. 14, стр. 12. Тел. /факс (499) 917-04-17, ОГРН 1097746798005.
ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ <small>(наименование и место нахождения органа по сертификации, выдавшего сертификат соответствия)</small>	ОС «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС» МВД РОССИИ, 111024, г. Москва, ул. Пруд Ключики, д.2, стр.8 тел./факс (495) 287-97-03, ОГРН 1035000703759. Аттестат рег. № ССПБ.RU.ПБ16 выдан 26.03.2009 МЧС России
ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО ПРОДУКЦИЯ <small>(информация об объекте сертификации, позволяющая идентифицировать объект)</small>	Контроллер возгораний «ЛЕШИЙ» ТУ 4371-001-64486201-2010. Серийный выпуск.
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА (ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ) <small>(наименование технического регламента (технических регламентов), на соответствие требованиям которого (которых) проводился(ась) сертификат)</small>	Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ)
ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний» (п.п. 7.1.11, 7.2.1.1, 7.2.1.3, 7.2.1.6, 7.2.3.1-7.2.3.5, 7.2.4, 7.2.10.2).	
ПРОВЕДЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ИСПЫТАНИЯ) И ИЗМЕРЕНИЯ <small>(наименование документа, подтверждающего проведение испытаний и измерений)</small>	Протокол испытаний № 14/1/11 от 21.02.2011 ЛИ ТСО и БО ФГУ «ЦСА ОПС» МВД России, № ССПБ.RU.ИН.116 от 26.03.2009 Акт проверки производства №4/11-ТР от 24.02.2011 ОС «СИСТЕМ-ТЕСТ» ФГУ «ЦСА ОПС» МВД России, рег. № ССПБ.RU.ПБ16 от 26.03.2009 (схема 4с).
ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ ДОКУМЕНТЫ <small>(документы, представленные заявителем в орган по сертификации в качестве доказательств соответствия продукции требованиям технического регламента (технических регламентов))</small>	
СРОК ДЕЙСТВИЯ СЕРТИФИКАТА СООТВЕТСТВИЯ с	25.02.2011
по	24.02.2016
	Руководитель (заместитель руководителя) органа по сертификации подпись, инициалы, фамилия
	 В.А. Сахаров
	Эксперт (эксперты) подпись, инициалы, фамилия
	 В.М. Морозов





ВСЕРОССИЙСКИЙ ТОРФЯНОЙ ФОРУМ

ОРГКОМИТЕТ ФОРУМА:

123317, РОССИЯ, МОСКВА, МОСКВА-СИТИ,
ПРЕСНЕНСКАЯ НАБЕРЕЖНАЯ, 10, БАШНЯ Б, ЭТАЖ 15
ТЕЛ: (499) 271-34-41/42 | ФАКС: (499) 271-34-40
WWW.AMR.RU

27-28 АПРЕЛЯ 2011, ЭММАУС

ОРГАНИЗАТОРЫ



ПРИ ОФИЦИАЛЬНОЙ
ПОДДЕРЖКЕ



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПАРТНЕРЫ



Еврофинанс
Моснарбанк

№ 157
от 10 мая 2011 года

А.В. Евграфову

Уважаемый Алексей Владимирович!

От лица Администрации Тверской области и Ассоциации Менеджеров позвольте поблагодарить Вас за участие во Всероссийском торфяном форуме и Ваше выступление с докладом. Мы рады, что, несмотря на плотный рабочий график, Вы сочли возможным и необходимым принять участие в работе Форума.

Ваш доклад, содержащий актуальную и полезную информацию, получил положительные отзывы экспертов, присутствовавших на Форуме. Сведения, озвученные в Вашем докладе, будут использованы при разработке рекомендаций федеральным и региональным органам власти, предприятиям, научным институтам.

В работе Форума приняли участие более 250 делегатов: представителей федеральной и региональной власти, руководителей предприятий биознергетической отрасли, лесного и агропромышленного комплекса, ТЭК, ЖКХ, специалистов научно-исследовательских институтов и профессиональных объединений. Мировым опытом работы в торфяной отрасли делились специалисты из Белоруссии, Канады, Латвии, Финляндии, Эстонии.

По мнению участников, Форум стал весомой площадкой для обсуждения на международном уровне вопросов промышленного освоения торфяных месторождений с учетом экономической, социально-экологической и политической значимости использования данного ресурса. Вместе с тем, прошедшее мероприятие позволило участникам не только обменяться опытом, но и принять практические решения в области торфяного дела.

На Форуме также была сформирована редакционная коллегия, которая в настоящее время работает над проектом решения Форума, и по итогам данное решение будет размещено на сайтах Администрации Тверской области и Ассоциации Менеджеров.

Будем рады видеть Вас в числе участников Всероссийского торфяного форума в 2012 году. Желаем Вам профессиональных и творческих успехов и надеемся на дальнейшее плодотворное сотрудничество.

С уважением,

Заместитель губернатора
Тверской области

А.А. Боченков

Исполнительный директор
Ассоциации Менеджеров

С.Е. Литовченко

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«Московский государственный университет природообустройства»
(ФГБОУ ВПО МГУП)**

ул. Провишниковая, 19, Москва, 127550
Телефакс: (499) 976-10-46
Email: mailbox@msuec.ru <http://www.msuec.ru>

приемная ректора (499) 976-29-62
приемная комиссия (499) 976-11-23
канцелярия (499) 154-33-21

23 ДЕК 2013 № 01-10/2196
на № _____ от _____

АКТ
об использовании результатов
докторской диссертационной работы
Евграфова Алексея Владимировича

Результаты диссертационной работы, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук, использованы при разработке СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ «Правила эксплуатации комплекса гидротехнических сооружений систем обводнения торфяников Московской области» Государственного казенного учреждения Московской области «Московская областная специализированная аварийно-восстановительная служба», госконтракт № 0348200020812000022-0175922-02 от 02.07.2012г. в виде:

- экспериментальных данных по определению степеней пожарной опасности и возможности возгорания в зависимости от влажности торфяников Московской области;
- рекомендаций по поддержанию пожаробезопасного уровня влажности торфяников.

Использование указанных результатов позволяет повысить эффективность контроля за пожарной опасностью торфяников; сократить затраты на проведение эксплуатационных работ систем обводнения торфяников Московской области на 7%.

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВПО «МГУП»,
д.э.н, профессор.


В.Н.Краснощеков



80800м



ООО «Инженерный центр «Мосты и Тоннели»

Юридический адрес: 121087, г. Москва,
ул. Барклая, д. 6 стр. 5, этаж 8, комн. 59
Фактический адрес: 121087, г. Москва,
ул. Барклая, д. 6 стр. 5, этаж 8, комн. 59
Телефон: +7(495) 669-70-47
E-mail: kanc@ic-mit.ru

№ _____ от _____
На № _____ от _____

В диссертационный совет
35.2.030.03 105203
127434, Москва, ул. Прянишникова, д.19

Справка о внедрении

Настоящим подтверждаем, диссертационное исследование Евграфова А.В. на тему: «МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТОРФЯНИКОВ С КОМПЛЕКСОМ МАШИН НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ» обладают актуальностью, представляют практический интерес.

Результаты работы по изменению теплофизических свойств торфяных почв с применением комплекса машин были использованы при разработке и осуществлению мероприятий по рекультивации плодородного нарушенного слоя в результате техногенного воздействия в Нечерноземной зоне РФ.

Генеральный директор



Э.О. Щепалин



ООО «ЭКОСТРОЙПРОГРЕСС»

143905, Московская область, г.о. Балашиха, г. Балашиха, ул. Калинина, д. 17/10, к. 2, помещ. 3 (1), ком. 7
ОГРН 1165027080760; ИНН 5027236919; КПП 500101001; ОКФС 16; ОКОПФ 12300; ОКАТО 46231565000;
5571722@mail.ru +7 (495) 557-17-22

В диссертационный совет 35.2.030.03,
127434, Москва, ул. Прянишникова, д. 19

Справка о внедрении или Акт о внедрении

Настоящим подтверждаем диссертационное исследование Евграфова А.В. на тему: «МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТОРФЯНИКОВ С КОМПЛЕКСОМ МАШИН НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ» обладает актуальностью, представляет практический интерес.

Результаты работы по изменению теплофизических свойств торфяных почв с применением комплекса машин были использованы при утилизации торфяного грунта чрезвычайно опасной категории загрязнения (СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы и грунтов), которые позволили предотвратить самовозгорание и вынужденное зажигание торфа в процессе хранения, за счет изменения его теплофизических свойств.

Генеральный директор
ООО «ЭКОСТРОЙПРОГРЕСС»



О.Р. Кондратьев

Патогенные компоненты древесного дыма и их влияние на здоровье человека

Таблица 1 -Постоянные патогенные компоненты древесного дыма

и их влияние на здоровье человека

Компоненты древесного дыма	Неблагоприятные эффекты для здоровья
Углерода монооксид	Яд, заменяющий оксигемоглобин карбоксигемоглобином. Вызывает тканевую гипоксию, клеточный некроз, повреждает центральную нервную систему. Уменьшает способность крови переносить кислород к клеткам, органам и тканям. Он особенно опасен для людей, имеющих сердечно-сосудистые или бронхолегочные заболевания
VOCs (C2-C7)	Изменчивые органические соединения, представляющие серьезные проблемы для здоровья в связи с канцерогенным и другими эффектами. Образование озона приводит к нарушению функций легкого, формированию астмы, раздражению глаз, уменьшению сопротивления воздействию холода, ускоряет старение тканей легкого. Причина усталости, общей депрессии, сонливости, головной и грудных болей
Формальдегид	Газ, токсичный при вдыхании или проникновении через кожу. Обладает канцерогенным эффектом
Акролеин	Ирритант, вызывающий бронхит, альвеолит. Способствует вазодилатации (патологическому расширению сосудов) и повышенной сосудистой проницаемости
Ацетальдегид	Токсин, вызывающий атрофию эпителия, повреждение печени, рак носоглотки
Фурфурол	Раздражает слизистые оболочки, вызывает головные боли, фоточувствительность и нарушения углеводного обмена
Бензол	При остром проникновении в организм через кожу, перорально или ингаляционно, вызывает повреждение слизистых, неврологические расстройства и смерть вследствие остановки дыхания. Хроническое действие может вызывать депрессию костного мозга и анемию
Толуол	Нейротоксичен: вызывает чувство опьянения, сонливость, головокружение, головную боль, мышечную слабость, расстройство координации и ухудшение зрения, изменение поведения. Обладает гепатотоксическим и нефротоксическим эффектами, поражает слизистую глаз, носоглотки и дыхательных путей. Хроническое воздействие приводит к атрофическим изменениям в головном и спинном мозге, нарушает репродуктивную функцию. Потенцирует нейротоксический эффект алкоголя
Уксусная кислота	Неспецифический ирритант
Муравьиная кислота	Обладает более раздражающим, чем уксусная кислота, эффектом, опасна для кожи
Окислы азота	Повреждают респираторную систему, вызывают воспалительные изменения в бронхах и альвеолах
Диоксид серы	При вдыхании может вызвать повреждение легких. Компонент

	кислотных дождей, повреждающих растения и загрязняющих водоемы
Хлористый метил	Токсин общего действия
Нафталены	Токсический (опьяняющий) и канцерогенный эффекты.
Фенол и его производные	Токсин, вызывающий спазм гладкой мускулатуры, приступы сердечной аритмии, инсульт, остановку дыхания. Снижает вес при рождении, канцерогенное действие на кожу.
Частицы. Органический углерод	Раздражающий и токсический эффект
Полициклические ароматические углеводороды	Токсины и канцерогены
Фенантрен	Содержится в угле. Токсичное и канцерогенное вещество
Антрацен	Токсин
Флюороантрен	Токсин
Пирен	Токсин
Бензоантрацен	Токсин с вероятным канцерогенным действием. Повреждает ДНК и вызывает мутации генов в культурах тканей
Бензофлюоро-антрены	Токсины
Бензопирен	Токсин, активный канцероген
Дибензопирен	Токсин
Стронций	Вызывает остеопению, оссификацию хряща
Алюминий	Чрезмерные количества в кровотоке могут вести к неврологическим нарушениям вплоть до фатальных. Пары могут быть причиной легочного фиброза
Ванадий	Всасывается через легкие; вызывает раздражение дыхательного тракта, пневмонит, конъюнктивит, анемию
Хром	Токсин общего действия
Марганец	Основная мишень – центральная нервная система. Ухудшение функции нервной системы: замедленное время реакции, тремор рук. Нарушение памяти. Вызывает усталость, звон в ушах, раздражительность, часто – кашель и проявления острого бронхита
Никель	Токсин
Цинк	Токсин. Вызывает лихорадку, рвоту, миалгию, головную боль и пневмонит
Свинец	Вызывает потерю аппетита, веса, кишечные колики, запор, бессонницу, головную боль, головокружения, умеренную артериальную гипертонию, гипоальбуминемию, анемию, энцефалопатию и периферическую нейропатию с параличами. Нарушает репродуктивную функцию. Канцероген
Хлорированные диоксины	Токсины, которые накапливаются и долго сохраняется в природной среде. Вызывают эмбриональные аномалии или смерть плода. Канцерогенные эффекты

Таблица 2 -Патогенные компоненты древесного дыма, найденные не во всех исследованиях, и их влияние на здоровье человека

Крезол	Яд с местным повреждающим эффектом
Этиленбензол	Токсин, поражающий костный мозг
Мышьяк	Местное и общетоксическое действие. Поражение кожи, рвота, диарея, боль в животе, мышечные судороги. При хроническом воздействии – усиление пигментации кожи, гиперкератоз ладоней и подошв, головная боль, периферическая нейропатия
Кадмий	Пневмотропный яд. Вызывает репродуктивные нарушения. Влияет на память и внимание.
Селен	Вызывает цирроз печени, анемию, потерю волос, деструкцию длинных костей.
Фосфор	Зубная боль вследствие разрушения костной ткани, анорексия, анемия.
Фенантрен	Яд и канцероген. Содержится в угольной смоле.
Аценафтаден	Ядовитое и канцерогенное вещество. Возможно поражение печени, сосудистые нарушения, эффект возбуждения центральной нервной системы.
Нитронафтаден	Может вызывать помутнение роговицы.
3-метилхолантрен	Высоко канцерогенное вещество. Широко используется для изучения карциногенеза
Аценафтен	Канцерогенное вещество. Возможно повреждение печени, сосудистые нарушения, и поражение центральной нервной системы
Инденопирен	Канцероген для человека

Космические снимки пожаров в центре Европейской части России.

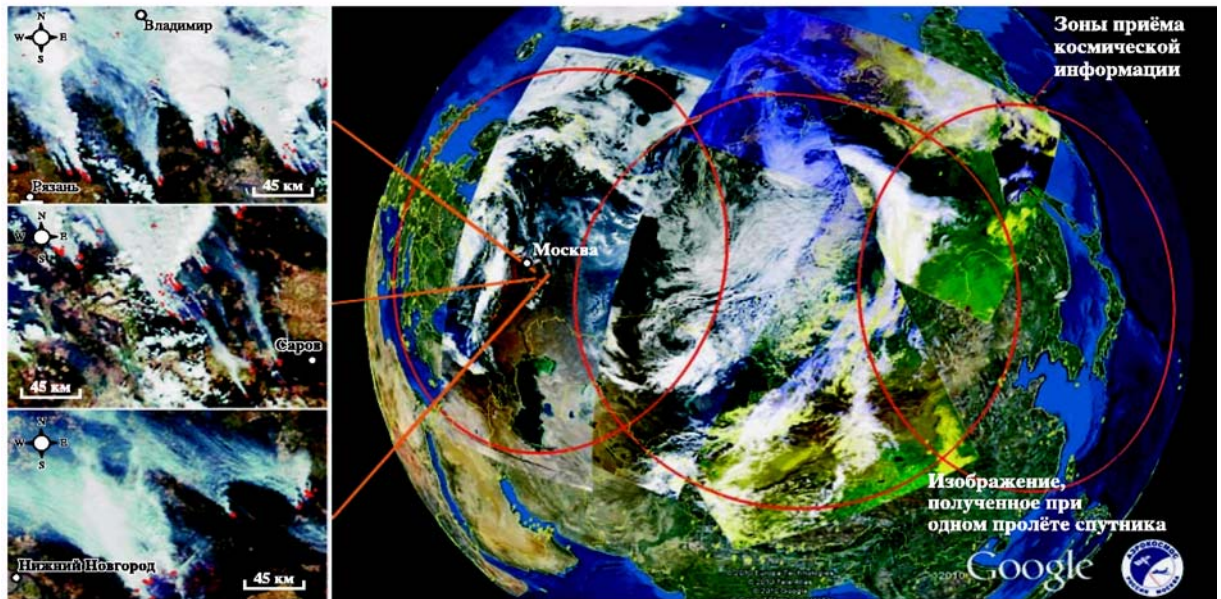


Рисунок 1 - «Мозаика» обзорных космических изображений, и увеличенные фрагменты с дымовыми шлейфами и выделенными очагами природных пожаров в ЦФО России

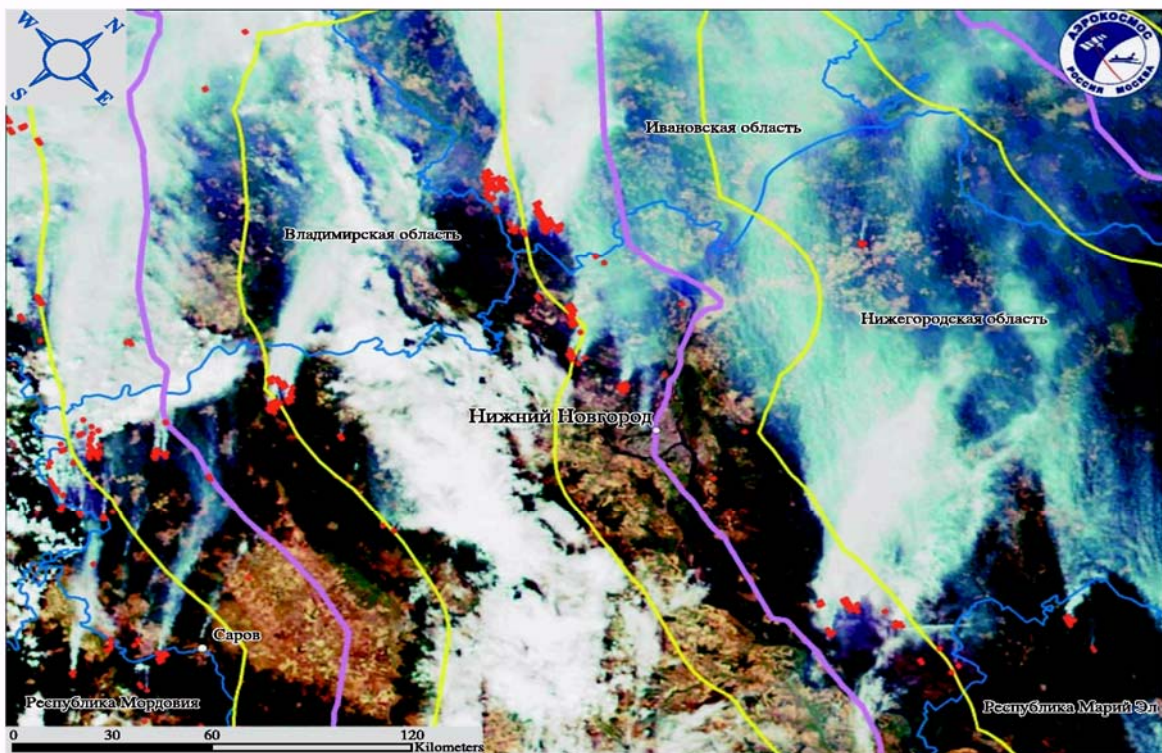


Рисунок 2 - Обнаружение из космоса пожаров в центре Европейской части: сиреневый - ЛЭП; желтый - буферные зоны ЛЭП