

© В. В. ПАНОВ, С. С. ЦЫМЛЯКОВА

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОЖАРОВ И ГАРИ НА ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ БОЛОТАХ

Введение. *Структура торфяного пожара* — это пространственная система выгорания торфяных отложений с образованием единых гарей. Это понятие принимается в качестве рабочего. Оценка структуры пожаров позволяет прогнозировать степень трансформации торфяно-болотной геосистемы и установить особенности ее развития. Пожар на торфяном болоте — катастрофический, но естественный процесс, а на выработанном торфянике — составляющая процесса его восстановления, при котором удаляются части, мешающие его гидравлической целостности.

Гарь на торфяном болоте — это участки выгоревших торфяных отложений с характерным рельефом, представленные пирогенными образованиями в виде минерализованных слоев сгоревшего торфа или, со временем, слоями торфа повышенной зольности с мелкими кусками спекшегося торфа (полукоса или кокса) и угля сгоревшей древесины [1]. Неглубокие гари на торфяниках часто захламлены стволами поваленных деревьев, оставшимися висеть над выгоревшей поверхностью торфяной залежи. На обширных и глубоких гарях (более 0.5 м) упавшие стволы обычно постепенно сгорают в условиях высокой температуры воздуха над площадью пожара.

Термины «торфяной пожар» и «лесной пожар» являются отраслевыми. Их разграничение, как это сделано в лесной службе по глубине выгорания почвенного слоя до и более 0.4 м [2], не всегда оправданно.¹ Например, выгорание деятельного слоя топяных болот или торфяных отложений на первоосушенных залежах со сведенным лесом нельзя назвать лесным пожаром. Также выгорание торфяной залежи на действующих торфоразработках нельзя называть лесным подземным пожаром.

При пожарах на торфяных болотах обязательно в разной степени выгорает растительный покров и часть торфяной залежи, что сопровождается образованием гари. Пожар может быть поверхностным (с открытым очагом) или подземным (внутри торфяной залежи, со скрытым очагом). Оба вида пожаров возникают последовательно во времени и пространстве. Поэтому это деление также условное.

Горение торфа зависит, прежде всего, от его влажности, а распространение пожара — от направления ветров и особенностей эксплуатации торфяных болот. В понятие распространения пожара входит перемещение зон огня и переноса искр с образованием очагов горения перед зоной огня. Принято считать, что пожар на торфянике распространяется в виде сегмента круга по преобладающему направлению ветра. Пожар обычно делится на стадии от первой к третьей с нарастанием интенсивности и площади пожара. В последней стадии решающим фактором развития пожара становится высокая температура воздуха над площадью, занятой огнем [4].

¹ Большинство торфяных болот или взятых в аренду торфяных месторождений России относится к землям лесного фонда.

Отдельно отметим, что осушить торфяную залежь на всю глубину открытым способом до влажности торфа, способствующей его горению, невозможно. Обычно после осушения за 2—3 года эксплуатационная влажность торфа в залежи составляет более 75 %. По данным теплотехнических расчетов, торф со степенью разложения более 25 % не может гореть, если его влажность более 69 % у низинного торфа и 72 % — у верхового [4].

Слой торфа, который высыхает под воздействием солнечной радиации до состояния возгорания, обычно имеет мощность не более 40 см. Распространение зоны горения (тления) в торфяных отложениях ниже этого слоя происходит за счет доосушения торфа, примыкающего к зоне горения. Если количество влаги в торфе в зоне горения ничем не ограничивается, то энергии, поступающей из зоны горения для сушки торфа, недостаточно, и горение тормозится. В засушливые годы наблюдается недостаток воды в области, примыкающей к зоне горения, что стимулирует распространение пожара в глубину залежи.

Дополнительным фактором, ограничивающим горение, служит формирование бескислородной газовой смеси над углубленным очагом горения [2]. В этом случае источником кислорода является, как предполагается, органическая часть торфа. Это может являться причиной перехода подземного пожара в поверхностный.

В экстремальные засушливые годы нагревание торфяной залежи может вызвать ее выгорание на глубину до 1.5 м (редко до 2 м). Глубина выгорания торфяной залежи и масштаб пожара между собой связаны через температуру воздуха над площадью пожара. В такие периоды проникновение зоны горения в глубокие слои торфяных отложений может происходить за счет поверхностного расширения пожаров. Пространственно локализованные гари редко бывают глубиной более 0.5—1 м.

С водно-механической неоднородностью торфяных отложений связана сложная миграция зоны горения внутри торфяной залежи в сторону наиболее сухих частей залежи, что связано с распределением потенциала влаги в залежи и движением воды в ней [3]. Внутризалежная миграция зоны тления не имеет масштабного характера из-за ограниченного доступа кислорода и не оказывает значительного влияния на разнообразие гарей, сливаясь постепенно с их более масштабными проявлениями.

В случае ограниченного пожара мы видим отдельные выгоревшие ямы, а чаще всего бугристый микрорельеф с останцами невыгоревшей залежи. При развитии пожара на значительной территории в засушливые периоды выгорание торфяных отложений может быть тотальным. И в этом случае наблюдается последовательное сочетание подземного и поверхностного пожаров. Однако условия для таких пожаров не так часто встречаются. Даже в зоне крупномасштабных пожаров чаще всего горение имеет естественную локализацию и наблюдается совокупность отдельных пожаров, ограниченных каналами или участками повышенной влажности торфа.

Особенностью торфяников с выработками торфа разными способами и в разное время выступает сочетание обводненных карьеров и подсушенных поверхностей. В этих условиях гари даже в засухи имеют поверхностный характер с небольшой глубиной выгорания из-за доступности или «подтягивания» воды в зону горения торфа.

Изучение гарей позволяет оценить связь между масштабами пожаров, способами добычи торфа и восстановлением болотных экосистем. В работе рассматриваются гари с площадью, превышающей один технологический эле-

мент поверхности (перемычка, карта, дамба, штабель и др.). Гари на торфоразработках в большинстве случаев комплексные и представляют собой сочетания техногенных понижений и повышений поверхности. Детализация гаревых комплексов принята в виду достаточной автономности гарей, отличающихся по морфометрии и характеру последующего восстановления растительности.

Основные описания гарей были выполнены на выработанных торфяных болотах Тверской области, типичных для европейской части России: Галицкий мох, Васильевский мох, Кулицкий мох и Оршинский мох. По космоснимкам анализировались торфяники Нижегородской, Калужской, Ярославской и Московской областей. Все указанные торфяные болота разрабатывались с начала XX в. На них использовались 2 или 3 основных стандартных способа добычи торфа. Торфяники горели каждый аномально сухой год за последние 40 лет, включая пожары 2002 и 2010 гг.

Способы добычи торфа в России разрабатывались в рамках одной научной школы Инсторфа (Москва) и ВНИИТП (Санкт-Петербург). Проекты освоения торфяных месторождений, выполненные централизованной системой учреждений Гипроторфа (Москва, Ленинград, Свердловск), были типовыми для всех торфяных месторождений.

Виды гарей на торфяниках. В зависимости от вида пожара, факторов его развития, формирующегося микрорельефа, способов добычи торфа, особенностей восстановления растительности можно выделить следующие виды гарей (см. таблицу).

Всего установлено 13 видов гарей. Наверное, это не полный список, но достаточный для целей настоящей работы.

Пространственные особенности пожаров или их структуру целесообразно рассматривать в соответствии со способами добычи торфа и с образованием гарей комплексного строения.

Фрезерные поля добычи торфа. Для них характерна структура распространения пожара в виде сегмента круга по направлению ветра (V на рис. 1, а). За весь период течения пожара формируется некоторый ореол относительно центра зарождения пожара, а в идеальном случае в конечном виде площадь пожара совпадает с геометрически правильными границами фрезерного поля. Характер распространения границы пожара напоминает веер (F на рис. 1, а).

Картовые каналы не служат препятствием для распространения пожара в засушливые годы. Влажность полей зависит от строения торфяной залежи, гидрогеологических условий торфяного болота, состояния осушительной сети и характера восстановления болотной экосистемы. В пространственном отношении структуру фрезерной добычи торфа можно определить как *инфраструктурно-полевую*. В этом случае у распространения пожара существуют инфраструктурные ограничения в виде насыпей минерального грунта, валовых и магистральных каналов и благоприятное распространение внутри фрезерного поля, состоящего из системы параллельных карт. Структуру пожара можно определить как *веерную*, или *веерно-полевую*.

Торфяной пожар на фрезерном поле, как правило, имеет выраженный поверхностный фронт огня с зоной распространения искр, стадийное развитие пожара с ростом интенсивности выгорания торфяной залежи в центральных частях площади пожара и его затуханием при приближении к увлажненным участкам торфяных отложений, приуроченным к изменению формы минерального дна.

Виды гарей на техногенно-нарушенных торфяных болотах

Вид гари	Микрорельеф	Лимитирующий фактор	Элемент поверхности, способ добычи торфа	Характер восстановления растительности	Особенности
«Лесная» (верховая и низовая)	Не изменяется	Высокая влажность субстрата и разреженность растительности	Зарастающие участки	При следующей вегетации	Первичная стадия возгорания торфа
Моховая (вид низового пожара)	Выгорают сухие центральные части моховых сплавин на 2—3 см	Высокая влажность субстрата	Карьеры машинно-формовочные, гидроторфа и разлива гидромассы	Моховой покров восстанавливается при последующей вегетации	Не распространяется за пределы смоченного мохового покрова
Поверхностная	Послойная	Ровный слой, выгорающего торфа до 2 м; постирогенные образования залегают почти ровным слоем по всей площади	Поля фрезерной добычи	Медленное зарастание rudеральными видами. Колонизация березой, выгорающей в дальнейшем. При высоком УГВ формируются водоемы глубиной до 0.5—1 м с зарастанием водной растительностью	Картовые каналы не препятствуют распространению пожара. На старых разработках поваленные деревья. Гарь обычно занимает значительную часть фрезерного поля
	Ямная (западинная)	На ровных участках ямы, объединенные в одну гарь диаметром до 10 м; откосы ям почти вертикальные, высотой до 0.7 м	Облесенные технологические участки машиноформовочной добычи торфа малой мощности	Медленное зарастание луговыми лесными видами растений	В основании ям отмечаются придонный минерализованный слой. Редко присутствуют поваленные деревья

Продолжение таблицы

Вид гари	Микрорельеф	Лимитирующий фактор	Элемент поверхности, способ добычи торфа	Характер восстановления растительности	Особенности
Поверхностная	Холмисто-ямная	Повышения с выгоревшими пологими склонами и ямами глубиной до 0.7 м	Изменение ботанического состава торфа и снижение степени его разложения	Технологические площадки на торфоплощадках с глубокой верховой торфяной залежью	Легко восстанавливается древесный ярус из березы и подушки политрихума
	Грядовая	Поперечное выгорание части перемычки, вызывающее слияние смежных карьеров; выгорающий слой около 0.3—0.7 м	Неоднородность и влажности торфа, режим осадков	Дамбы и перемычки машиноформовочной и гидравлической добычи торфа	Возобновление медленное, местами в виде не-долговечных густых зарослей березы, кустарников, политрихума и лишайников
	Грядовая	Чередование небольших углублений до 0.2 м и остатков невыгоревшей поверхности по продольной оси дамбы	УГВ в карьерах и режим осадков	То же	Быстротекущее возгорание верхнего сухого слоя торфа с лишайниками и подстилкой. Характерно сохранение древесного яруса
	Карьерная	Мощность выгорания не определяется	Наличие остатков торфомассы, сброшенная в карьер пни-вая древесина	В сухих кончоватых карьерах гидравлического и машиноформовочного способов добычи торфа	Встречается редко в виде углублений в карьерах, расположенных над повышением минерального дна
Канавная	Заплавные и обгоревшие картовые канавы с выгоранием до 0.2—0.4 м	Высокое влагосодержание подстиляющего торфа	На фрезерных полях	Зарастание влаголюбивой травяно-моховой растительностью. Каналы пер-	Обычно совпадает с выгоревшими картами

					вые несколько лет могут не зарастать	
Штабельная	В виде пепельно-зольных возвышений над поверхностью залежи до 0.2 м по контуру штабеля	Повышение влаги в торфе на нижней границе штабеля	Штабели хранения фрезерного торфа	Медленное зарастание рудеральными видами (попыльнь обыкновенная и др.)	Углубления гари в торфяную залежь обычно не отмечается	
Внутриштабельная	На поверхности может не выражаться	Доступность кислорода и недостаток влаги в торфе	Встречаются при разрывании штабеля торфа в его центральных частях	—	Саморазогревающийся самокиснущий торф	
Поднасыпная	В виде понижений поверхности и провалов 0.2—0.7 м	«Пескование» при осыпи кровли и доступность кислорода	Техногенные песчаные насыпи (узкоколейные железные дороги), под которыми происходит гление торфа	—	На поверхности сохраняется минеральный слой. В дальнейшем при ускорении эрозийных процессов коммуникации обычно нарушаются	
Провальная внутризалежная	Ямы-провалы глубиной не более 1 м верхнего негоревшего слоя торфа над выгоревшими пустотами в торфяной залежи	Увеличение влаги в торфе с глубиной	Примыкают небольшими площадями до нескольких квадратных м к открытым поверхностям-послойным гарям	—	Образуются в период повышения влажности верхнего слоя торфяной залежи осенью и зимой	

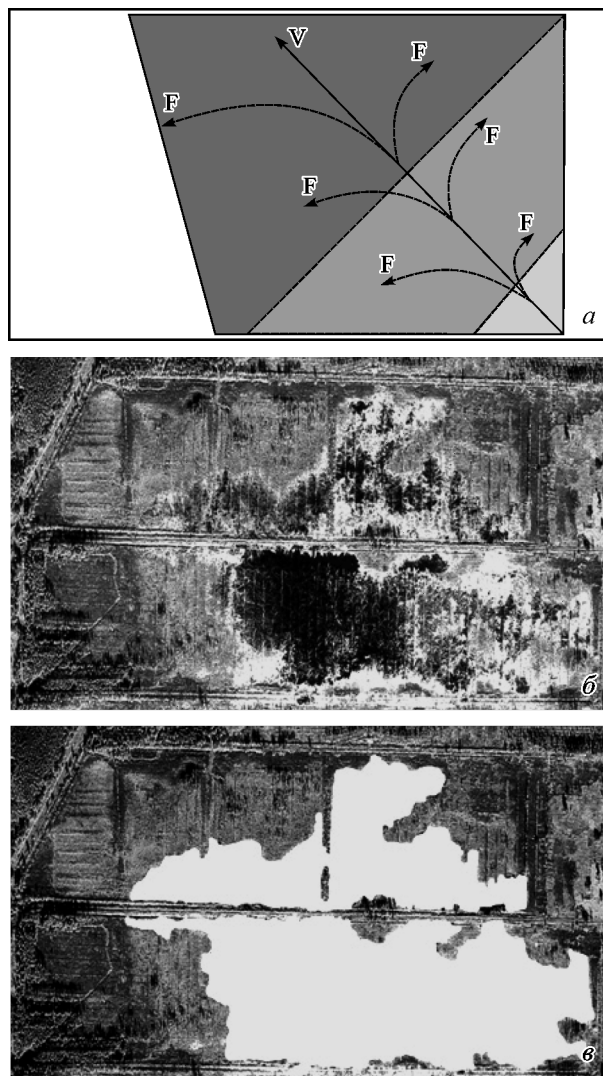


Рис. 1. Поля фрезерного способа добычи торфа (Васильевский мох, Тверская область).
 а — структура распространения пожара на фрезерном поле, б — космоснимок гари, в — форма гари
 (выделена белым тоном).

На рис. 1, а показана упрощенная схема распространения пожара. Распространение пожара происходит по преобладающему направлению ветра, а сама площадь ограничивается инфраструктурой, построенной между полями.

По совокупности видов гарей на выработанных или брошенных полях фрезерной добычи встречаются следующие: гари верхового и низового пожаров, поверхностные послойная, канавная, поднасыпная, все штабельные гари.

На рис. 1, б, в показаны два смежных фрезерных поля каждое размерами 0.5×1 км. Хорошо видно, что барьер в виде насыпи и каналов по ее границам между полями в центральной части выгорел, что привело к переносу пожара на вышерасположенное по схеме поле.

Совпадение контуров гари обоих полей на их границе связано не с механическим переносом огня по всей длине насыпи, а с одинаковыми гидрогеологическими условиями его распространения на полях.

Машиноформовочные карьеры. Структура карьеров — это совокупность параллельных выработок, разделенных дамбами и перемычками. В настоящее время этот способ добычи торфа не используется. Торфоразработки заросли и дамбы покрыты древостоем, высота которого превышает ширину карьеров, находящихся в обводненном состоянии.

Система последовательно вырабатываемых карьеров в зависимости от года, режима осадков и изменения мощности торфяной залежи ежегодно изменяла свои формы относительно проекта. В результате первичная осушительная канава в центре поля зарастала лесом, как и карьеры по краям последнего этапа добычи. Из-за особенностей заполнения карьеров водой дамбы расширялись, а из-за условий сушки торфа или изменения мощности залежи изменялась форма карьеров. Все это отражалось на структуре пожаров.

В целом систему машиноформовочной добычи можно определить как *полосчатую последовательную*. Структура пожаров также больше напоминает *полосчатую*, в целом отражающую особенности изменения сезонных карьеров, мощности или других геологических особенностей залежи (рис. 2, а).

Особенность пожаров на машиноформовочных карьерах — выгорание наиболее подсушенных центральных частей перемычек и соответственно преобладающее выгорание частей корневых систем деревьев ближе к центру перемычки. В результате падающие в сторону карьера небольшие деревья могут способствовать переносу пожара на смежный карьер. Хотя сырая стволовая древесина не горит, при последующем пожаре она вполне способна к возгоранию. Перенос пожара на смежные продольные дамбы осуществляется горящими кронами, по растительности поперечных перемычек или по пересохшей моховой ветоши в карьере, следы горения которой практически не видны после регенерации мха на следующий год.

На рис. 2, б, в видно, что распространение пожара между дамбами происходит при достаточной облесенности дамб. Это может быть связано с высокой прочностью подсушенных дамб с достаточной плотностью древостоя при распространении верхового пожара (последнее бывает крайне редко).

Для машиноформовочного способа добычи торфа характерно появление следующих видов гарей: «лесная», моховая, грядово-ямная, грядовая, ямная, карьерная.

Гидравлический способ добычи торфа. Общая структура торфоразработок состоит из технологических площадей, обеспечивающих работу машин и транспортировку торфомассы из карьеров добычи, разделенных перемычками. Перемычки имеют минимальную механическую устойчивость и при накоплении воды легко разрушаются, стимулируя формирование больших водоемов. Поэтому структура добычи в целом *инфраструктурно-карьерная*. Инфраструктурная часть торфоразработок, представленная нетронутой глубоко осушенной залежью, обладает высокой степенью горимости, а карьерам, заполненным водой или перемычкам свойственна слабая степень горимости.

На рис. 3 представлена структура добычи и структура пожара, которую можно определить как *линейную* или *линейно-полярную*, строго ориентиро-

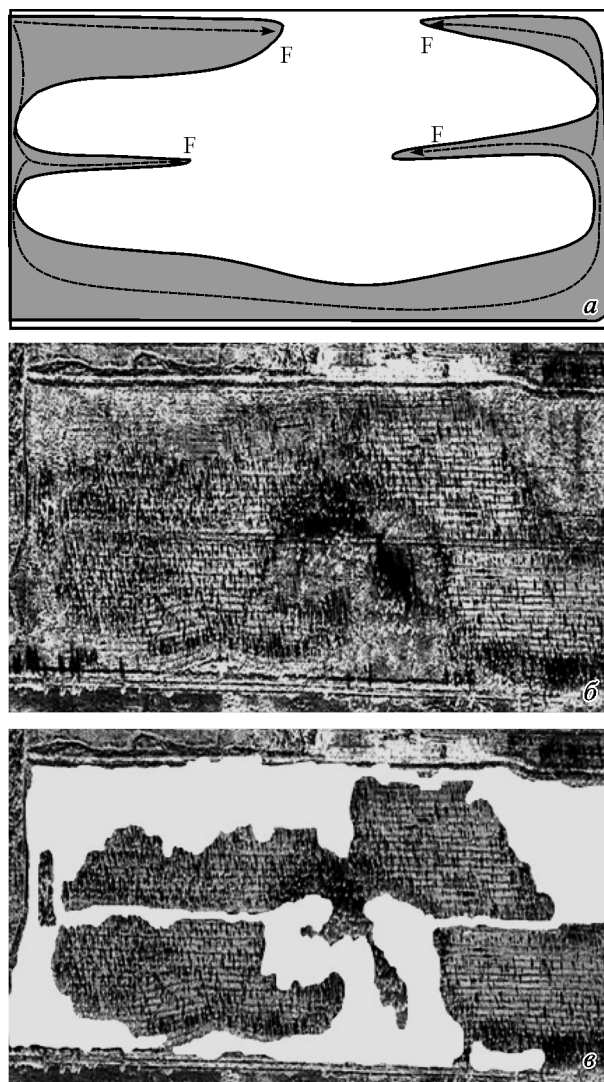


Рис. 2. Карьеры машиноформовочного способа добычи торфа (Васильевский мох, Тверская область).

a — структура распространения пожара на фрезерном поле, *б* — космоснимок гари, *в* — форма гари (выделена белым тоном).

ванную независимо от времени выработки, зарастания и сезонности карьеров. Для карьеров гидроторфа характерны следующие виды гарей: «лесная», холмисто-ямная, грядово-ямная, грядовая, карьерная.

Выводы

Пожары на техногенно-нарушенных торфяных болотах по виду (верховые, низовые, подземные) являются комплексными. Они могут протекать параллельно в пространстве с общими границами и проявлять пространствен-

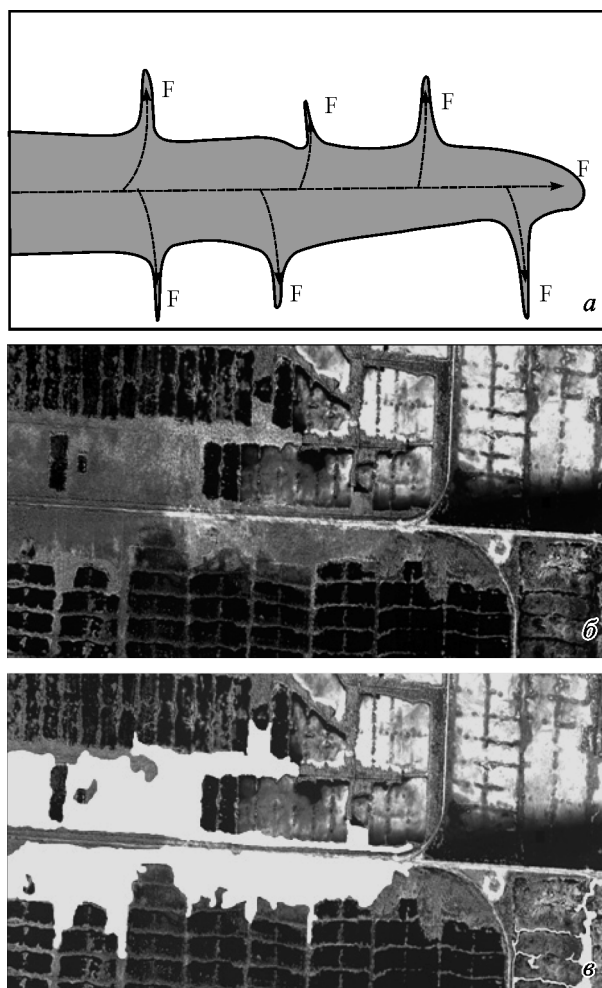


Рис. 3. Карьеры гидравлического способа добычи торфа (Ситниковское, Нижегородская область).

a — структура распространения пожара на фрезерном поле, *б* — космоснимок гари, *в* — форма гари (выделена белым тоном).

ную преемственность во времени. Морфометрические особенности выгорания зависят от масштаба пожара.

Структура эксплуатации торфяных болот предопределяет пространственную структуру пожара или особенности его распространения. Разные способы добычи торфа соответствуют разным структурам распространения пожаров.

Результатом развития пожаров являются гари, отражающие эволюцию пожаров, особенности состояния торфяных отложений и, как правило, представленные гаревыми комплексами.

Список литературы

- [1] *Зайдельман Ф. Р.* Рекомендации по защите торфяных почв от деградации и уничтожения при пожарах. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. 84 с.
- [2] *Косов В. И.* Торфяные пожары. Геоэкологические проблемы, техносферная безопасность. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета, 2012. 318 с.
- [3] Справочник по торфу / Под ред. А. Р. Лазарева, С. С. Корчунова. М.: Недра, 1982. 401 с.
- [4] *Чулюков М. А.* Охрана труда в торфяной промышленности. М.: Недра, 1975. 160 с.

Тверь
vvrarov61@gmail.com
Тверской государственный
технический университет

Поступило в редакцию
6 ноября 2012 г.