



Влияние экстремального теплового воздействия на восстановление почвенного покрова

Автор проекта:

Ульяна Главная,

9-й класс, научное общество учащихся «Биом», МБОУ «Биотехнологический лицей № 21», р.п. Кольцово, Новосибирская область

Научный руководитель:

Дмитрий Александрович Рюкбейль,

педагог дополнительного образования МБОУ «Биотехнологический лицей № 21»

Введение

Лесные пожары — экологическая катастрофа, наносящая огромный ущерб флоре и фауне. В 2021 году в России к середине августа выгорело более 17 млн гектаров леса. Это рекордное количество за всё время существования спутниковых данных [1].

Влияние высоких температур на почву, процесс формирования почвенного покрова, закономерности исчезновения и появления организмов требуют изучения. Основываясь на результатах исследования, можно будет дать рекомендации по ускорению процесса восстановления фитоценозов после воздействия на почву высоких температур, как при пожаре.

Цель исследования: исследовать процесс восстановления почвенного покрова после воздействия на почву высоких температур и дать рекомендации по ускорению процесса, опираясь на результаты исследования.

Задачи:

Сравнить влияние термической обработки на образцы почвы, взятые из разных природных зон.

Оценить влияние высоких температур на семена высших растений.

Оценить устойчивость спор мохообразных и папоротникообразных, находящихся в почве, к воздействию на них высоких температур.

Оценить устойчивость спор грибов, находящихся в почве, к воздействию на них высоких температур.

Оценить влияние высоких температур на развитие микроводорослей, находящихся в почве.

Оценить влияние высоких температур на состав почвенных организмов.

Разработать рекомендации по ускорению процесса формирования почвенного фитоценоза.

Литературный обзор

Лесные пожары влияют на формирование почвенного покрова. Их разделяют на три основных вида: верховые, низовые и торфяные [3].

После пожара изменяются механические и физико-химические свойства почвы, приводящие к изменению видового состава почвенных организмов и растительности. В результате теплового воздействия пожаров средней и низкой интенсивности погибают неспорообразующие грибы, однако практически не оказывается влияния на спорообразующие бактерии и грибы.

Глубина нагрева почвы напрямую влияет на послепожарную растительность. При низовых пожарах температура верхнего трёх-четырёхсантиметрового слоя почвы не превышает 50–80°C, обычной при горении является температура в 200–300°C.

Изменяется количество питательных веществ в почве. В результате пожара образуется зола, которая является природным удобрением для растений [2].

Закономерности восстановления растительности после пожара для европейского Севера исследовал А. А. Корчагин.

Он выделил три подгруппы видов лесных растений по типу восстановления после пожара:

1. Растения, восстанавливающиеся вегетативно. Это организмы, части которых не были повреждены пожаром.

2. Виды, медленно восстанавливающиеся после пожара, преимущественно семенами.

3. Виды, быстро восстанавливающиеся и размножающиеся и семенным, и вегетативным способом.

Мхи и лишайники восстанавливаются медленно, так как пожары уничтожают большую часть мохово-лишайникового покрова [3].

Места сбора почв

№	Наименование участка	Дата сбора почвы
1	Стационар Института систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирская область, Карасукский район	10.09.2021
2	Дачные горячие источники — Малая долина гейзеров, Камчатский край, около вулкана Мутновский	22.08.2021
3	Караканский бор, Новосибирская область, около села Нижнекаменка	22.08.2021
4	Тисо-самшитовая роща, Краснодарский край, город Сочи	06.07.2021
5	В окрестностях Волконского дольмена, Краснодарский край, село Волконка	08.07.21

Профессор Пермского Политеха Лариса Рудакова отмечает, что полное восстановление экосистемы занимает длительное время. Первой на горях возобновляется травянистая растительность. Далее появляются лиственные, а затем и хвойные деревья [4].

Существенную роль в образовании почвы и напочвенного покрова играют животные микроорганизмы. В результате их жизнедеятельности происходит преобразование органических веществ, образуется субстрат для высших растений [5].

Место проведения исследования

Образцы почвы были собраны с пяти участков, расположенных в разных регионах России. Участки расположены в разных природных зонах, что даёт возможность выявить влияние термической обработки на восстановление напочвенного покрова для разных природных зон.

Методика исследования

С каждого участка брали по 2 образца почвенного покрова: подстилка (верхний слой 0–5 см) и нижний слой (глуби-

на 5–10 см). При этом крупные объекты убирались. Образцы собирали в заранее подготовленные бумажные пакеты, где они просушивались. Далее переупаковывали в более надёжные бумажные конверты, где они хранились до начала эксперимента.

21 ноября 2021 года, перед началом эксперимента, были определены типы почв и измерен их рН перед и после термической обработки, по методическому пособию от набора «Охотник за микробами».

В качестве факторов теплового воздействия были выбраны две температуры: температура нагревания верхнего слоя почвы (+200°C) и нижнего слоя почвы (+60°C). Далее, сначала все образцы нижнего слоя с каждого из участков были помещены в формы из фольги. Затем их поместили в сушильный шкаф (ШС-80-01-СПУ) с температурой +60°C на 1 час. Образцы верхнего слоя почвы также поставили в сушильный шкаф с температурой +200°C на 1 час.

Каждый образец разложили на пять чашек Петри и увлажнили дистиллированной водой. Чашки Петри разложили



Рис. 1. Участок 1 — Стационар института систематики и экологии животных СО РАН

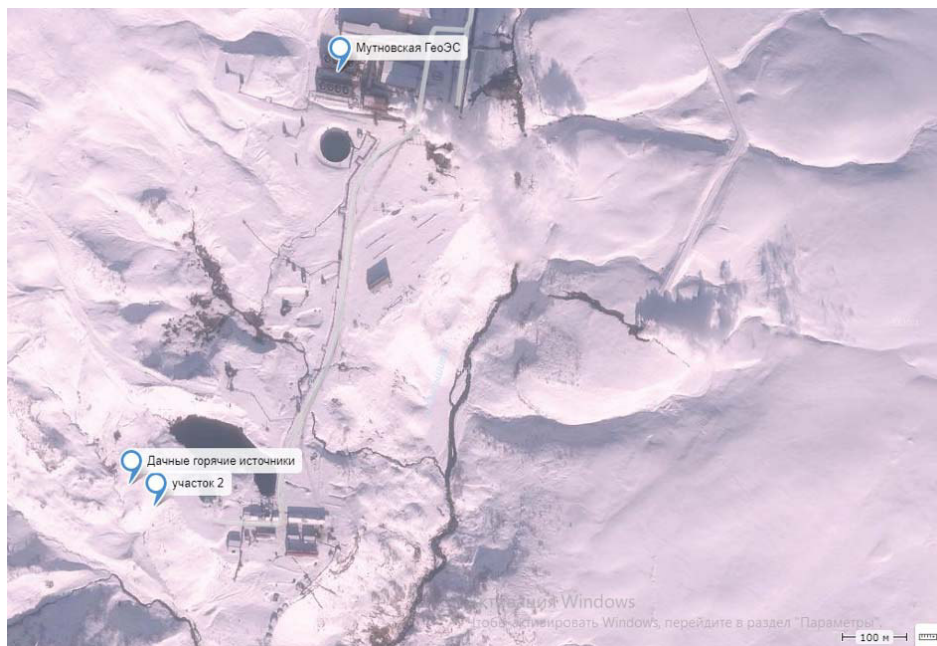


Рис. 2. Участок 2 — Дачные горячие источники

на подоконнике для того чтобы обеспечить образцы солнечным светом. Увлажнение почвы производилось два раза в неделю дистиллированной водой.

Далее проводилось наблюдение за изменениями и развитием растительности и микроорганизмов на образцах. Через неделю после начала эксперимента в каждую чашку Петри поместили по три покровных стекла для определения наличия микроводорослей и микроорганизмов. Перед этим покровные стёкла были простерилизованы. Появление и развитие растительных организмов фиксировалось при помощи фотосъёмки. Для последующего определения организмы рассматривались под микроскопами, с увеличением объектива 40, и фотографировались с использованием

цифровой камеры-окуляра программного обеспечения MCLite.

На чашках отмечалось количество покрытосеменных растений, папоротникообразных и мхов, шляпочных грибов. Количество плесневых грибов подсчитывалось в процентах от площади поверхности чашки (визуально). Количество водорослей не подсчитывалось, определялось только их наличие.

Результаты

Физико-химические свойства образцов почвы

Перед подготовкой почвы к термической обработке был определён её механический состав. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

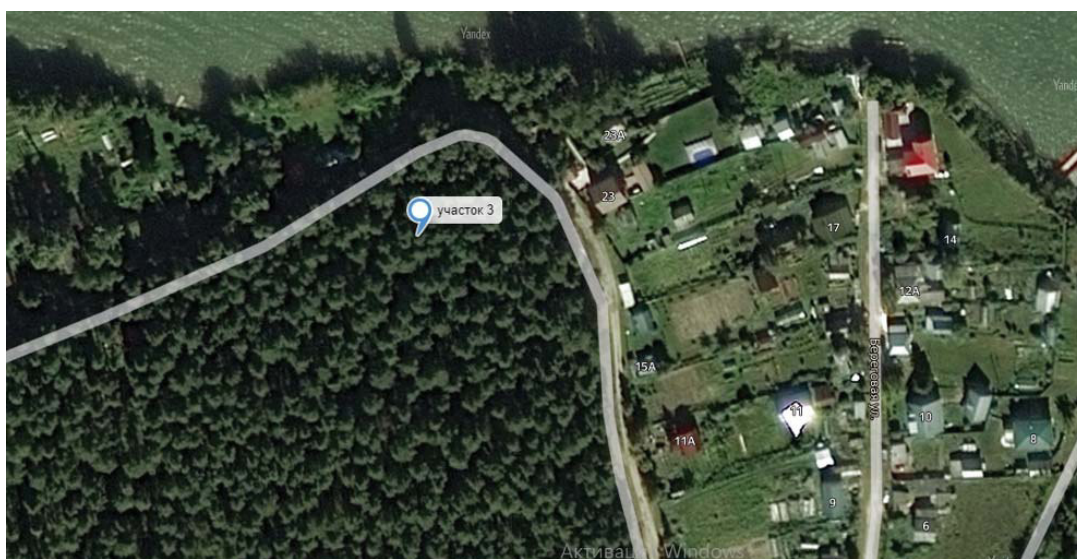


Рис. 3. Участок 3 — Караканский бор

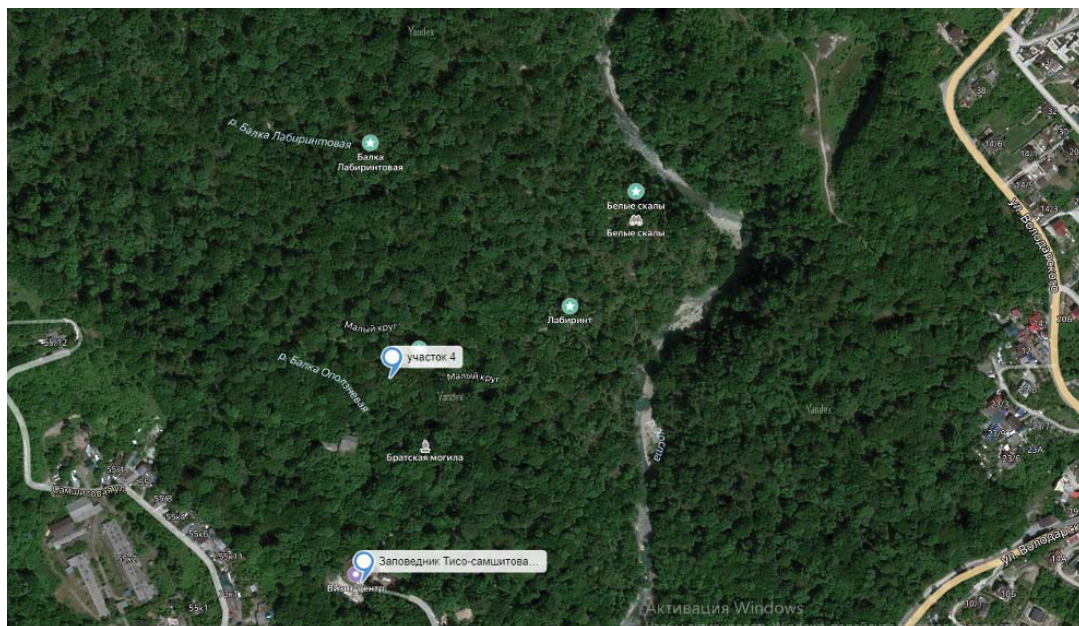


Рис. 4. Участок 4 – Тисо-самшитовая роща

Как видно из данных, представленных в таблице, образцы почвы различаются по механическому составу. В земле, взятой из Караканского бора, Стационара, с Дачных источников и с окрестностей Волконского дольмена преобладают песчаные частицы. Глинистые частицы преобладают в почве, взятой из Тисо-самшитовой рощи.

Также была измерена кислотность почвенных образцов.

Данные, представленные в таблице, позволяют говорить о том, что после термической обработки происходит измене-

ние кислотности. При этом для земли, взятой со Стационара, рН понизился. В остальных случаях рН повысился или не изменился.

Влияние термической обработки на образцы почвы, взятые из разных природных зон

В результате проведённых исследований были получены данные, характеризующие влияние термической обработки почвы на последующее развитие напочвенного покрова за два месяца. Данные

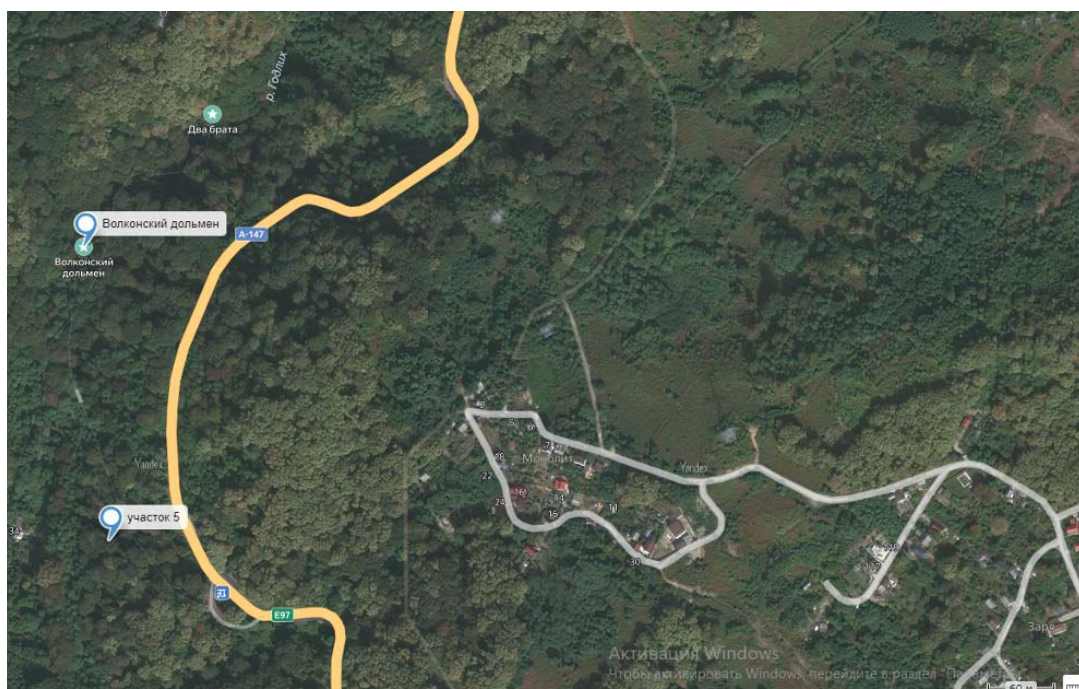


Рис. 5. Участок 5 – в окрестностях Волконского дольмена



Таблица 2

Механический состав почв

№	Место сбора	Механический состав	Вид	Скатывается/не скатывается
1	Стационар	Легкосуглинистый	Среди глинистых частиц преобладают песчаные частицы	Образует не прочный шарик, в жгут не раскатывается, образует отдельные колбаски и цилиндрики
2	Дачные источники	Супесчаный	Преобладают песчаные частицы с небольшой примесью глины	Не скатывается, но лепится в непрочные шарики
3	Караканский бор	Песчаный	Состоит почти исключительно из песчаных зёрен	Не скатывается в шарик
4	Тисо-самшитовая роща	Среднесуглинистый	Среди глинистых частиц заметны песчаные частицы	Образует сплошной жгут, который при сгибании в кольцо разламывается
5	Волконский дольмен	Песчаный	Состоит почти исключительно из песчаных зёрен	Не скатывается в шарик

о наличии и количестве организмов представлены в таблицах 4 и 5.

Из данных, представленных в таблице, видно, что на образцах, взятых из нижнего слоя почвы и обработанных при температуре 60°C зафиксированы все виды просматриваемых организмов. При этом наибольшее разнообразие отмечено для стационара Института систематики и экологии животных СО РАН и Караканского бора. На чашках с почвой, взятой из Тисо-самшитовой рощи и с окрестностей Волконского дольмена, отсутствуют папоротникообразные и мхи. В целом на образцах под воздействием температуры 200°C уменьшается разнообразие растительных организмов: отмечено минимальное количество папоротникообразных, отсутствуют покрытосеменные, мхи. Однако в большем количестве присутствуют плесневые грибы.

Из животных организмов были зафиксированы протисты. Организмы были отмечены на всех образцах, обработанных при 60°C. При тепловом воздействии 200°C животные организмы не зафиксированы.

В таблице представлены средние значения количества растительных организмов, позволяющие охарактеризовать состав растительного покрова на чашках. Как видно из таблицы, наибольшее количество растительных организмов отмечено на чашках с землёй, взятой с участка 1 и обработанного при температуре 60°C.

Влияние высоких температур на развитие покрытосеменных

Покрытосеменные растения произросли на половине образцов, поэтому можно говорить о том, что они играют существенную роль в восстановлении растительного покрова, и их семена устойчивы к температуре 60°C.

Как видно из представленной диаграммы (рис. 6), на всех образцах, обработанных при температуре 200°C, отсутствуют покрытосеменные. На всех чашках с почвой, обработанных при температуре 60°C, отмечены покрытосеменные. Среди них наибольшее количество ростков отмечено на образцах, взятых со стационара Института систематики и экологии животных СО РАН.

Таблица 3

рН почвенных образцов

№	Место сбора	рН до термической обработки	рН после термической обработки
1	Караканский бор	3	3–4
2	Волконский дольмен	3	4
3	Стационар	10	8
4	Дачные источники	3	3
5	Тисо-самшитовая роща	5	4–5

Наличие растительных и животных организмов на образцах

Образцы почвы с участков	Покрыто-семенные	Папоротники	Мхи	Водоросли	Протисты	Грибы
Стационар, нижний слой, 60°C	+	+	+	+	+	+
Дачные источники, нижний слой, 60°C	+	-	+	+	+	-
Караканский бор, нижний слой, 60°C	+	+	+	+	+	-
Тисо-самшитовая роща, нижний слой, 60°C	+	-	-	+	+	+
Окрестности Волконского дольмена, нижний слой, 60°C	+	-	-	+	+	-
Стационар, верхний слой, 200°C	-	-	-	-	-	+
Дачные источники, верхний слой, 200°C	-	-	-	-	-	-
Караканский бор, верхний слой, 200°C	-	+	-	-	-	+
Тисо-самшитовая роща, верхний слой, 200°C	-	-	-	+	-	+
Окрестности Волконского дольмена, верхний слой, 200°C	-	-	-	+	-	+

Устойчивость спор мохообразных и папоротникообразных к воздействию на них высоких температур

Папоротникообразные также формируют растительный покров на некоторых чашках. Данные, характеризующие количество заростков папоротников, представлены на диаграмме (рис. 7).

По данным, представленным на диаграмме, видно, что заростки папоротникообразных, являются частью растительного покрова на образцах, взятых со стационара Института систематики и экологии животных СО РАН и из Караканского бора, обработанных при температуре 60°C. При этом отмечено наличие заростков папоротников

Таблица 5

Средние значения количества растительных организмов и грибов

Образцы почвы с участков	Покрыто-семенные, шт	Папоротники, шт	Мхи, шт	Водоросли, шт	Плесневые грибы, диапазон, %
Участок 1, нижний слой, 60°C	3,2	18,6	49,6	Диатомовые	1–10
Участок 2, нижний слой, 60°C	0,6	0	1,4	Зелёные	0
Участок 3, нижний слой, 60°C	1	24,4	19,8	Зелёные	0
Участок 4, нижний слой, 60°C	2,6	0	0	Зелёные, диатомовые	0–2
Участок 5, нижний слой, 60°C	0,8	0	0	Зелёные	0
Участок 1, верхний слой, 200°C	0	0	0	Нет	2–15
Участок 2, верхний слой, 200°C	0	0	0	Нет	0
Участок 3, верхний слой, 200°C	0	0,6	0	Нет	5–30
Участок 4, верхний слой, 200°C	0	0	0	Зелёные	0–5
Участок 5, верхний слой, 200°C	0	0	0	Зелёные	0–2



Среднее количество особей в образце, шт

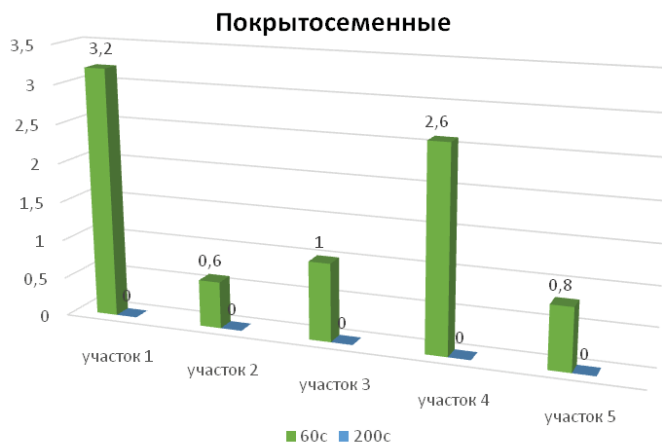


Рис. 6. Влияние температур на развитие покрытосеменных

на одной из чашек с почвой, взятой из Караканского бора и обработанной при температуре 200°C. Следовательно, споры папоротникообразных прорастают после теплового воздействия 200°C.

Мхи также играют роль в восстановлении растительного покрова, количественные данные представлены на диаграмме (рис. 8).

Анализ представленных на диаграмме данных позволяет охарактеризовать восстановление растительного покрова за счёт мхов. Наличие мхов не было отмечено ни на одной чашке с почвой, взятой из верхнего слоя и обработанной при температуре 200°C. Однако видно, что листовостебельные мхи произрастают на чашках с землёй, взятой со Стационара, Дачных источников и из Караканского бора и обработанной при 60°C. Наибольшее количество мхов, как и папоротникообразных, было отмечено для первого участка.

Влияние температуры на развитие водорослей

Как говорилось ранее, для того чтобы определить наличие водорослей, в каждую чашку были помещены покровные стёкла.

При просмотре стёкол под микроскопом были получены следующие результаты (табл. 6).

Во всех образцах нижнего слоя почвы есть водоросли. Наличие диатомовых водорослей отмечено только для чашек с землёй, взятой со стационара Института систематики и экологии животных СО РАН и из Тисо-самшитовой рощи, после теплового воздействия 60°C. Однако зелёные водоросли также развиваются на чашках с почвой, обработанной при температуре 200°C, взятой из Тисо-самшитовой рощи и с окрестностей Волконского дольмена. При этом можно сказать, что тепловое воздействие 200°C губительно для диатомовых водорослей. На чашках

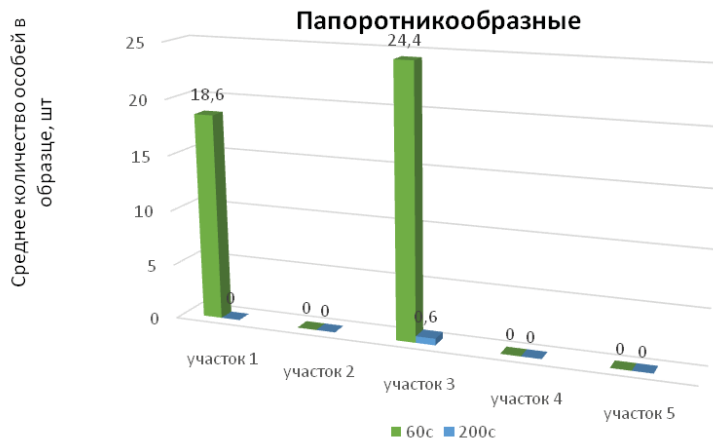


Рис. 7. Влияние температур на развитие папоротникообразных

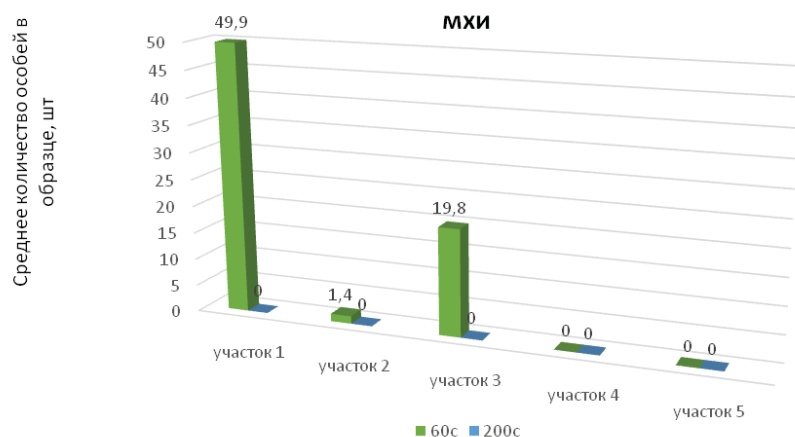


Рис. 8. Влияние температур на развитие мхов

с 1-го, 2-го и 3-го участков водоросли отсутствуют вообще.

Наличие и количество плесневых и шляпочных грибов на образцах

Кроме растительных организмов на образцах также произрастают плесневые и шляпочные грибы.

Для того что бы оценить влияние термической обработки на развитие плесневых грибов, визуально подсчитывалась площадь поверхности чашек, занятой грибами в процентах. В таблице 7 представлен диапазон разрастания плесневых грибов в процентах.

Видно, что наибольшее зарастание образцов плесневыми грибами отмечается на чашках, с почвой, взятой с 3-го участка, обработанной при температуре 200°C, однако на чашках с того же участка, но после воздействия температуры 60°C плесневые грибы отсутствуют. В целом на почве после воздействия более экстремального теп-

лового воздействия количество плесневых грибов увеличивается. Можно говорить о том, что споры грибов или отсутствуют в нижнем слое, или их ингибируют другие организмы. Также стоит отметить, что плесневые грибы — одни из первых организмов, появившихся после термической обработки.

Кроме плесневых грибов на чашках с почвой, взятой из Тисо-самшитовой рощи, после термической обработки 60°C выросли также шляпочные грибы.

Влияние высокой температуры на жизнедеятельность животных организмов

Важную роль в восстановлении напочвенного покрова играют животные микроорганизмы. Протисты были отмечены на всех образцах с землёй, обработанной при 60°C, взятой со всех участков. Во всех чашках, с землёй нижнего слоя, взятой из Караканского бора, были зафиксированы

Таблица 6

Наличие зелёных и диатомовых водорослей на образцах (по пяти чашкам)

Образцы почвы с участков	Зелёные водоросли	Диатомовые водоросли
Участок 1, нижний слой, 60°C	+	+
Участок 2, нижний слой, 60°C	+	—
Участок 3, нижний слой, 60°C	+	—
Участок 4, нижний слой, 60°C	+	+
Участок 5, нижний слой, 60°C	+	—
Участок 1, верхний слой, 200°C	—	—
Участок 2, верхний слой, 200°C	—	—
Участок 3, верхний слой, 200°C	—	—
Участок 4, верхний слой, 200°C	+	—
Участок 5, верхний слой, 200°C	+	—



Диапазон разрастания плесневых грибов

Образец	Плесневые грибы, диапазон, %
1,60	1–10
2,60	0
3,60	0
4,60	0–1
5,60	0
1,200	2–15
2,200	0
3,200	5–30
4,200	0–5
5,200	0–2

фотосинтезирующие жгутиковые протисты, покрывающие не только стёклышки, но и всю площадь чашек.

В образцах с почвой, обработанной при 200°С, животные микроорганизмы не были зафиксированы. На основе собранных данных можно говорить о том, что протисты пережили воздействие температуры 60°С, однако температура 200°С губительна для них.

Обсуждение результатов

На данном этапе исследования мы уже можем выдвинуть гипотезы, связанные с ускорением процесса восстановления растительного покрова, после воздействия на него экстремальных температур.

Стандартные способы восстановления почвы после пожаров заключаются в следующем: внесение минеральных удобрений, использование перегноя и присыпание земли опилками и свежими ветками деревьев для укоренения в почве [6]. Мы можем также говорить о других способах ускорения восстановления напочвенного покрова. В результате проведённого исследования, было отмечено развитие плесневых грибов на чашках с почвой, обработанной при 200°С. На чашках с почвой, обработанной при 60°С, количество плесневых грибов меньше, или они отсутствуют вообще. При этом протисты не были зафиксированы на образцах после воздействия более высокой температуры. Из литературы известно, что плесень пагубно влияет на развитие высших растений [7]. Основываясь на полученных результатах, можно выдвинуть гипотезу, что простейшие могут блокировать развитие плесневых грибов.

Кроме того, известно, что простейшие в результате своей жизнедеятельности также увеличивают плодородие почвы. Вероятнее всего добавление протистов в почву, подвергшуюся термической обработке, ускорит восстановление напочвенного покрова.

Выводы

В результате проведённых исследований были получены данные, характеризующие влияние термической обработки почвы на последующее развитие напочвенного покрова.

На образцах, взятых с разных участков, развитие организмов происходит по-разному. При этом наибольшее разнообразие просматриваемых организмов отмечено для стационара Института систематики и экологии животных СО РАН и Караканского бора.

В целом установлено, что семена покрытосеменных устойчивы к воздействию температуры 60°С, которая складывается при низменном пожаре.

После термической обработки 60°С на почве развиваются заростки папоротникообразных и мхи. Они были отмечены на чашках с почвой, взятой из Караканского бора и стационара Института систематики и экологии животных СО РАН. Заростки папоротников также отмечены на образцах, взятых с Дачных источников.

Споры плесневых грибов устойчивы к температуре нагрева верхнего и нижнего слоёв почвы при низовом пожаре, при этом диапазон разрастания грибов больше на чашках, обработанных при большей температуре. Были также зафиксированы

шляпочные грибы на почве, взятой из Тисо-самшитовой рощи.

Результаты исследования позволяют говорить о том, что микроскопические водоросли сохраняют свою жизнеспособность при тепловом воздействии 200°C.

Из животных микроорганизмов на всех чашках после термической обработки 60°C были зафиксированы простейшие, которые отсутствуют при термической обработке 200°C. Учитывая роль простейших в почвообразовании, была выдвинута гипотеза, что простейшие могут блокировать развитие плесневых грибов и при их добавлении в почву процесс восстановления растительного покрова ускорится. Данная гипотеза требует проверки при следующих исследованиях. 📌

Список использованных источников

1. Лесные пожары в России. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Лесные_пожары_в_России_\(2021\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лесные_пожары_в_России_(2021)) (дата обращения 13.01.2022).

2. Влияние пожаров на почвенные микробиоценозы. URL: https://studbooks.net/1310143/meditsina/vliyanie_pozharov_pochvennyu_komponent_lesnogo_biogeotsepoza (дата обращения 15.01.2022)

3. Ремезов Н. П. Лесное почвоведение / Н. П. Ремезов, П. С. Погребняк, М.: «Лесная промышленность», 1965.

4. «Научная Россия». URL: <https://scientificrussia.ru/articles/97-lesnyh-pozharov-voznikaet-po-vine-cheloveka> (дата обращения 23.01.2022).

5. Биологические факторы почвообразования. URL: <https://vseobiology.ru/pochvovedenie-s-osnovami-rastenivodstva/610-05-biologicheskie-factory-pochvoobrazovaniya-zhivye-organizmy-ikh-rol-v-pochvoobrazovanii-i-sozdanii-plodorodiya> (дата обращения 23.01.2022).

6. Восстановление почвы после пожаров. URL: <http://rekultivacija.ru/vosstanovlenie-pochvyi-posle-pozharov/> (дата обращения 30.01.2022).

7. Болезни растений. URL: <https://diy.obir.ru/articles/bolezni-rastenii-poyavlenie-pleseni-na-grynte-i-rasteniyah-20536/> (дата обращения 30.01.2022).