

**ФИТОТОКСИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЗАГРЯЗНЁННОГО МАЗУТОМ УЧАСТКА В ПОС. КЕДРОВЫЙ ПОСЛЕ
ПРОВЕДЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

Елисеева Т.В., Баранов М.Е., Анпилогов В.Н.,

**научные руководители: докт.биол.наук Демиденко Г.А., канд.технических наук
Кучкин А.Г., докт.биол.наук Хижняк С.В.**

Красноярский государственный аграрный университет

Целью работы было изучение фитотоксических и микробиологических характеристик грунта на загрязнённом мазутом участке в районе поселка «Кедровый» Емельяновского района Красноярского края после проведения механической рекультивации. Изучаемый участок представляет собой территорию бывшего мазутного хранилища воинской части и имеет форму прямоугольника 74x155 м, вытянутого в направлении с востока на запад. В 2007 году на участке произошёл разлив мазута в количестве 2394,4 т по подсчетам специалистов Росприроднадзора и Ростехнадзора (рис. 1).

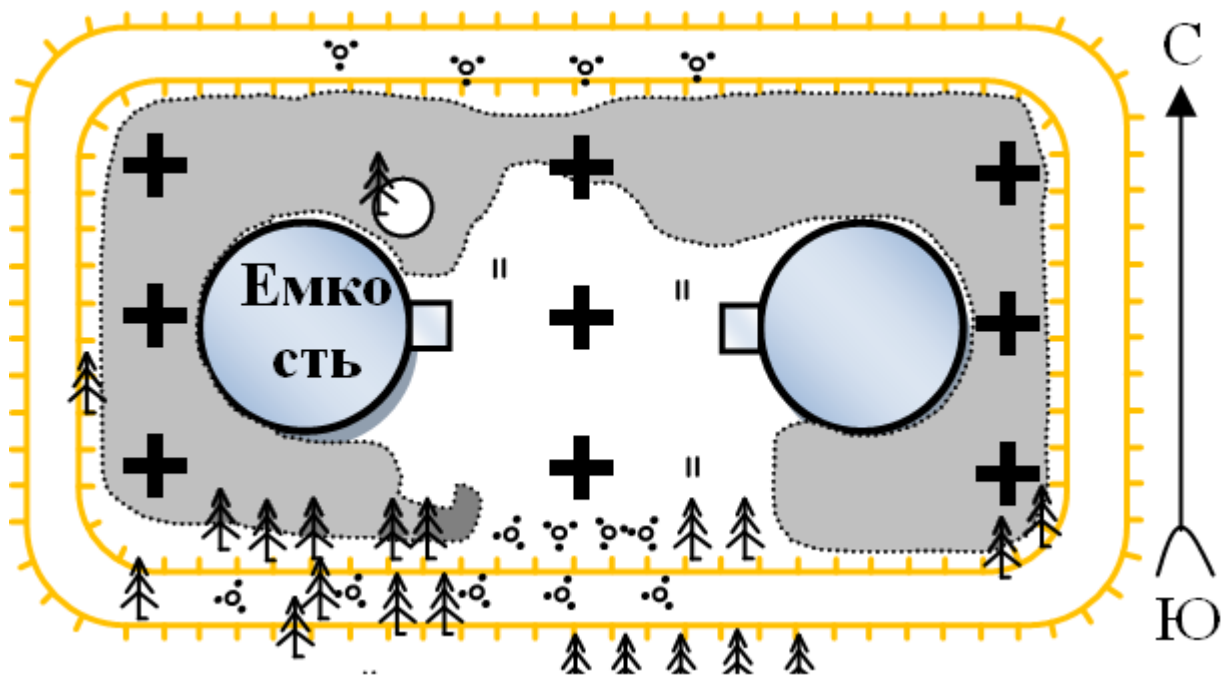


Рисунок 1 – Схема изучаемого участка до проведения механической рекультивации. Серым цветом показаны места расположения мазутных озёр

В 2011 году под руководством администрации п. Кедровый проведена механическая рекультивация загрязненных мазутом земель. Отбор проб проводили в сентябре 2011 г, через месяц после завершения рекультивации с горизонта 0-20 см. Точки отбора проб обозначены знаком "+" на рис. 1. В каждой точке отбирали по 5 образцов грунта с площади 1 м² методом конверта, из которых формировали объединённую пробу.

Фитотоксичность определяли биотестированием по снижению энергии прорастания и всхожести кресс-салата (*Lepidium sativum*) в сравнении с контролем согласно ГОСТ 12038-84. Контролем служил грунт, отобранный из незагрязнённого

участка. Численность бактерий определяли высевом на следующие питательные среды: ПД-агар (пептон – 9,0 г/л, гидролизат казеина – 8,0 г/л, дрожжевой экстракт – 3,0 г/л, NaCl – 5,0 г/л, Na₂HPO₄ – 2,0 г/л, агар – 20 г/л), модифицированная среда Чапека (глюкоза – 20,0 г/л, NH₄NO₃ – 2,0 г/л, KH₂PO₄ – 1,0 г/л, MgSO₄*7H₂O – 0,5 г/л, KCl – 0,5 г/л, FeSO₄ – следы, агар – 20 г/л), олиготрофная среда (по 25 мл ПД-агара и модифицированной среды Чапека на л, агар 20 г/л). Численность микроскопических грибов учитывали на тех же средах с добавлением антибактериального антибиотика ципрофлоксацин.

Несмотря на проведённую механическую рекультивацию, биотестирование показало сохранение высокой фитотоксичности грунта. Во всех образцах грунта отмечено статистически значимое (от $p=0,05$ до $p<0,001$) снижение всхожести тест-культуры относительно контроля. При этом наблюдается статистически значимая ($p<0,001$) географическая неравномерность в распределении фитотоксичности. Максимальный уровень фитотоксичности (снижение всхожести и энергии прорастания тест-культуры на 40-50% в сравнении с контролем) отмечен на южной и северной областях восточной оконечности участка, минимальный (снижение всхожести и энергии прорастания на 6-12%) – на северной оконечности участка. Линейная аппроксимация даёт следующее уравнение регрессии для распределения фитотоксичности: $Y = -8,9 + 0,175X_1 + 16,140X_2$, где X_1 – расстояние в метрах от крайней юго-западной точки участка в направлении на север, X_2 – расстояние в метрах от крайней юго-западной точки участка в направлении на восток, Y – подавление прорастания всхожести семян тест-культуры в сравнении с контролем, %.

Между образцами отмечены статистически значимые ($p<0,001$) различия по численности и соотношению различных групп микроорганизмов. Численность бактерий, учитываемых на ПД-агаре, варьирует от 4×10^6 КОЕ/г до 77×10^6 КОЕ/г. Численность бактерий, учитываемых на модифицированной среде Чапека, варьирует от 1×10^6 КОЕ/г до 90×10^6 КОЕ/г, численность бактерий, учитываемых на олиготрофной среде, варьирует от 25×10^6 КОЕ/г до 143×10^6 КОЕ/г. Численность микроскопических грибов варьирует от менее чем 1×10^6 КОЕ/г до 16×10^6 КОЕ/г.

В целом можно отметить увеличение числа олиготрофных бактерий и снижение числа микроскопических грибов по мере увеличения фитотоксичности пробы. Отмечены статистически значимые ($p<0,05$) положительные корреляции между фитотоксичностью и долей олиготрофных бактерий в общем числе бактерий ($r = 0,878$), фитотоксичностью и общей численностью олиготрофных бактерий ($r = 0,713$). Кроме этого, в пробах с высокой и средней фитотоксичностью отмечена пониженная численность бактерий, учитываемых на ПД-агаре. Наиболее адекватно связь между уровнем фитотоксичности и структурой микробного сообщества описывается следующим уравнением множественной регрессии

$$Y = -18,57 + 0,14 * X_1 + 5,73 * X_2 + 54,40 * X_3 - 0,21 * X_4$$

где X_1 – численность бактерий, учитываемых на олиготрофной среде; X_2 – отношение численности бактерий, учитываемых на ПД-агаре, к численности бактерий, учитываемых на олиготрофной среде; X_3 – отношение числа бактерий, учитываемых на олиготрофной среде, к общему числу бактерий; X_4 – суммарная численность микроскопических грибов в пробе; Y – подавление прорастания всхожести семян тест-культуры в сравнении с контролем, %.

Расчитанный по уравнению коэффициент множественной корреляции между фитотоксичностью и комплексом микробиологических показателей равен 0,927, его статистическая значимость $p<0,05$.

Дискриминантный анализ подтвердил статистически значимое ($p<0,05$) разделение образцов с разной фитотоксичностью по указанному комплексу

микробиологических показателей. Проекция образцов с разной фитотоксичностью на канонические переменные показана на рис. 2.

Таким образом, можно констатировать. Что механическая рекультивация не привела к полному устранению фитотоксичности грунта на изучаемом участке. Обнаружены корреляционные связи между фитотоксичностью, определяемой биотестированием, и структурой микробного сообщества в грунте. Участки с повышенной фитотоксичностью характеризуются пониженной численностью грибов и бактерий, учитываемых на ПД-агаре, и повышенной численностью олиготрофных бактерий.

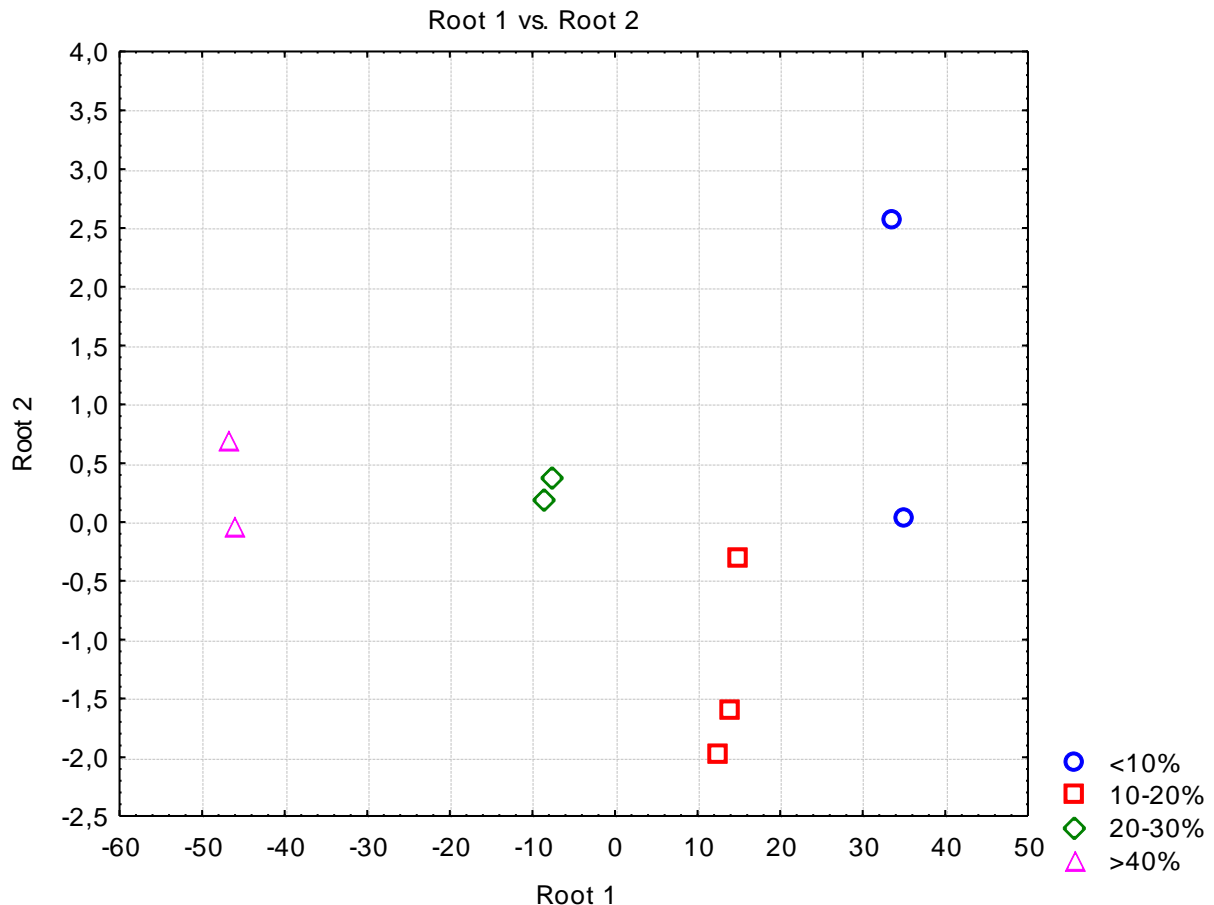


Рисунок 2 – Проекция изучаемых проб на канонические переменные по микробиологическим показателям. В легенде показано снижение всхожести тест-культуры в соответствующих пробах