

Введение В настоящее время, по активности ферментов судят об агрономически значимых показателях, плодородии почв, скорости превращения гумусовых веществ, окислительно-восстановительном режиме почвы. Активность почвенных ферментов отражает интенсивность основных биохимических процессов: самоочищения, разложения органических соединений, превращения азота, фосфора и других соединений, а также степень эродированности и загрязнения почв. Высокая чувствительность, точность, относительная простота и незначительная трудоемкость методов определения активности почвенных ферментов позволяет использовать их при оценке интенсивности и направленности важнейших для жизни и плодородия почвы биохимических процессов. Определение ферментативной активности микробного сообщества нефтезагрязненных почв становится неотъемлемой частью исследований, позволяющих оперативно оценить биологическое состояние и токсические свойства почвы при разных уровнях содержания в ней нефти и продуктов ее трансформации. При проведении рекультивационных и иных восстановительных работ принципиальным фактором, обеспечивающим скорейшее возвращение земельных участков в хозяйственный оборот, является определение момента перехода к этапу, направленному на активное восстановление агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы. В многочисленных работах продемонстрировано, что объективными показателями, позволяющими оперативно оценить биологическое состояние и токсичность почвы, при разных уровнях содержания в ней нефтяных загрязнений, являются показатели биологической активности почвенного микробоценоза. [1-6]. Цель работы - изучить изменение ферментативной активности нефтезагрязненных дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава в условиях длительного воздействия поллютанта и оптимизации факторов среды. Экспериментальная часть Для проведения лабораторных экспериментов использовались образцы дерново-подзолистых почв супесчаных и среднесуглинистых почв. Образцы почв, после предварительного просушивания и удаления корней растений, просеивались через сита Винклера с диаметром ячеек 1 мм. Опытные варианты с содержанием сернистой нефти в интервале концентраций от 2,4% до 20,0% готовились с учетом «нефтеемкости» почв разного гранулометрического состава, путем ее смешения весовым методом с «чистыми» образцами исследуемых почв. Контролем служила не загрязненная почва. В ходе лабораторных экспериментов образцы почв периодически рыхлились и увлажнялись. Влажность поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости почвы, температура в интервале 20-24°C. На 7, 30 и 180 сутки инкубации в исследуемых почвах определялись каталазная и уреазная активность [7] и суммарное содержание нефтепродуктов (НП) [8]. Результаты и обсуждение Проведенные исследования дерново-подзолистых почв показали, что активность изученных ферментов закономерно определяется

гранулометрическим составом почвы. Так, каталазная активность контрольной (чистой) дерновой подзолистой (ДП) супесчаной почвы, в ходе эксперимента не превышала 0,08 мг H_2O_2 /г, тогда как ее уровень в ДП среднесуглинистой почве был существенно выше и варьировал от 0,37 до 0,81 мг H_2O_2 /г. Уреазная активность не загрязненной ДП среднесуглинистой почвы была в 2 раза выше, чем супесчаной (0,41-0,59 против 0,13-0,35 мкг $\text{N}/\text{г}\cdot\text{час}$, соответственно). Внесение нефти - источника органического углерода в ДП почвы приводило к повышению ферментативной активности микробных сообществ. Однако ее влияние на почвы разного гранулометрического состава существенно отличалось. Так, если в ДП супесчаной почве на 7 сутки эксперимента, в вариантах содержащих 2,4 и 4,8% поллютанта каталазная активность была значительно выше, чем в контроле, то при концентрации нефти 9,0 и 13,0% ее значения были ниже или на уровне контроля (рис. 1). На 30 сутки эксперимента токсическое действие нефтяных компонентов проявлялось только в варианте, содержащем 13,0% поллютанта, а на 180 сутки во всех опытных образцах каталазная активность была выше, чем в контрольных образцах. Однако и на 180 сутки инкубации остаточные концентрации нефтяных компонентов в варианте 13,0% ингибировали почвенное микробное сообщество, что выражалось в снижении каталазной активности. Рис. 1 - Каталазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при разных уровнях загрязнения и сроках инкубации. В отличие от ДП супесчаной почвы, в ДП среднесуглинистой почве, ингибирующее действие нефтяных загрязнений, во всем диапазоне испытанных концентраций на протяжении всего эксперимента не проявлялось. Токсическое действие поллютанта в концентрациях 9,0-20,0% проявлялось в незначительном снижении каталазной активности почвы, относительно вариантов, содержащих более низкие концентрации загрязняющих веществ (рис. 2). Изменение уреазной активности нефтезагрязненной ДП супесчаной почвы, также как и каталазной, определялось начальной концентрацией поллютанта и длительностью его воздействия. Уреазная активность, во всех опытных вариантах на супесчаной почве была выше, чем в контроле. На 7 и 30 сутки при концентрациях нефти выше 2,4%, и на 180 сутки при концентрации выше 4,8%, наблюдалось снижение уреазной активности относительно максимально полученных при более низких концентрациях поллютанта значений (рис. 3). Рис. 2 - Каталазная активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при разных уровнях загрязнения и сроках инкубации. Рис. 3 - Уреазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при разных уровнях загрязнения и сроках инкубации. Что касается нефтезагрязненной ДП среднесуглинистой почвы, то в ней на протяжении всего эксперимента, во всем диапазоне испытанных концентраций наблюдалась прямая зависимость между уреазной активностью и начальной концентрацией поллютанта (рис. 4). Снижение ферментативной активности на 180 сутки эксперимента в сравнении с

7 и 30 сутками, вероятно, определяется истощением в почве доступного для трансформации субстрата. Рис. 4 - Уреазная активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при разных уровнях загрязнения и сроках инкубации

Сравнение содержания нефтепродуктов на 7, 30 и 180 сутки эксперимента [5] показало, что интенсивность минерализации нефтяных углеводородов в ДП среднесуглинистой почвы к 30 и 180 суткам эксперимента была в 1,5-3,1 и 2,2-6,5 раза выше, чем в супесчаной (табл.1,2). В ДП среднесуглинистой почве на 30 сутки эксперимента прослеживалась обратная зависимость между начальной концентрацией нефти и снижением содержания нефтяных углеводородов. На 180 сутки снижение содержания НП в ДП среднесуглинистой почве при начальных концентрациях нефти 4,8%, 7,1%, 9,0% и концентрациях 13,0%, 16,6%, 20,0% имели сопоставимые значения (табл. 2).

Таблица 1 - Снижение содержания НП в ДП супесчаной почве при длительной инкубации

Время инкубации	Начальное содержание нефти, %	Снижения содержания НП
7 суток	2,4 4,8 9,0 13,0	3 3 3 1
30 суток	20 10 12 15	180 суток 57 15 12 27

Таблица 2 - Снижение содержания НП в ДП среднесуглинистой почве при длительной инкубации

Время инкубации	Начальное содержание нефти, %	Снижения содержания НП
7 суток	4,8 7,1 9,0 13,0 16,6 20,0	2 6 9 6 2 1
30 суток	32 29 25 21 15 18	180 суток 77 72 78 59 58 55

Заключение Проведенные исследования показали, что при попадании нефти в дерново-подзолистые почвы разного гранулометрического состава в них протекают однонаправленные процессы, интенсивность которых определяется характеристиками почв. Легкие почвы менее устойчивы к токсическому действию «свежих» нефтяных загрязнений. Ферментативная активность и интенсивность минерализации нефтяных компонентов в среднесуглинистой почве превосходили соответствующие характеристики супесчаной почвы. Ферментативная активность является показателем, адекватно отражающим интенсивность деструкции нефтяных загрязнений, позволяет объективно контролировать и прогнозировать активность процессов самоочищения и восстановления свойств нефтезагрязненных почв. Полученные данные свидетельствуют, что длительное воздействие нефтяных загрязнений приводит к более серьезным нарушениям устойчивости почвенных микробиоценозов легких почв, чем более тяжелых.