

УДК 632.122.2:581.52:631.46(470.21)

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ РАЗЛИЧНЫХ ФИТОРЕМЕДИАНТОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

©2013 А.С. Григориади, А.Р. Амирова, Н.В. Лопатин

Башкирский государственный университет, г. Уфа

Поступила 02.06.2013

В работе представлены данные по исследованию эффективности применения посевов различных растений для рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы. Оценка степени очистки и восстановления почвенной экосистемы основывалась на использовании как валового содержания остаточных углеводов, так и комплекса биохимических (активности ферментов) и микробиологических (численность различных физиологических групп микроорганизмов) параметров в ризосфере растений, выраженного в интегральном показателе биологической активности почвы. Проведенные исследования позволяют рекомендовать в качестве фиторемедиантов люцерну посевную и костреч безостый.

**Ключевые слова:** фиторемедиация, серая лесная почва, нефть, интегральный показатель биологической активности почвы, *Tagetes erecta*, *Bromopsis inermis*, *Triticum aestivum*, *Medicago sativa*.

Нефть остается важнейшим энергоресурсом в мире. Относительно невысокие цены на нефть и нефтепродукты при больших объемах их потребления, отсутствие адекватной создаваемой угрозе политики по охране окружающей среды приводили к весьма значительным потерям, последствиями которых явились загрязнения почв и грунтов [1-2]. Для очистки, детоксикации и восстановления плодородия нарушенных территорий используются как физико-химические, так и агрохимические методы. Однако они не решают проблему полного удаления загрязнителя из почвы. Фиторемедиация является высокоэффективной технологией очистки от ряда органических и неорганических поллютантов, основанная на использовании объединенного метаболического потенциала микроорганизмов и растений [3-6].

Целью исследования являлась оценка эффективности посевов фиторемедиантов на восстановление биологической активности серой лесной почвы в условиях нефтяного загрязнения.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования выступали образцы серой лесной почвы, загрязненной товарной нефтью в концентрации 6% масс. Содержание серы в нефти составляло 2,8%. В качестве фитомелиорантов использовались декоративные и сельскохозяйственные растения бархатцы прямостоячие (*Tagetes erecta* L.), костреч безостый (*Bromopsis inermis* L.), пшеница яровая (*Triticum aestivum* L.), люцерна посевная (*Medicago sativa* L.). В качестве контроля использовались образцы незагрязненной почвы без растений. Учет численности микроорганизмов (гетеротрофов, актиномицетов, целлюлозолитиков, микромицетов, углеводородокисляющих бактерий) проводили через 30 и 60 сут с момента

загрязнения по общепринятой методике посева почвенной суспензии на соответствующие агаризованные питательные среды [7]. Активность почвенных ферментов определялась газометрическим (каталаза), титриметрическим (липаза) и фотометрическим методами (пероксидаза, полифенолоксидаза) [8]. Содержание остаточных углеводов в почве измеряли весовым методом [9]. Для комплексной оценки биологической активности использовался интегральный показатель ИБПС, рассчитываемые как отношение среднего оценочного балла всех показателей к максимальному оценочному баллу всех показателей [10]. Повторность опыта 3-кратная.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

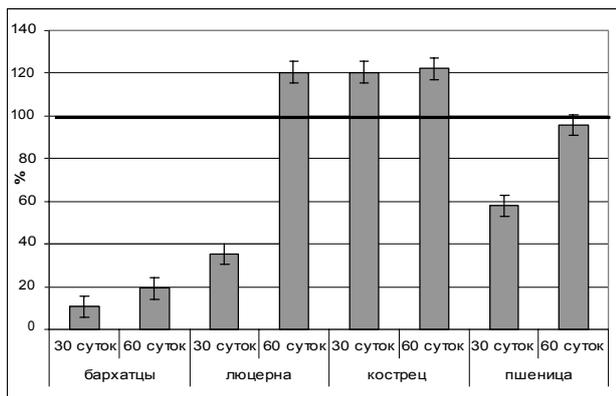
В качестве фиторемедиантов использовались растения с мощной мочковатой корневой системой, которые обладают большой корнеобитаемой зоной, где могут интенсивно протекать процессы деградации. Помимо этого некоторые растения обладают дополнительными свойствами, способствующими восстановлению почвы: 1) костреч является засухоустойчивым, холодостойким многолетним злаком, способным произрастать в условиях умеренного климата с морозными зимами; 2) бархатцы в своем метаболизме используют серу, синтезируя тиофены, и обладают устойчивостью к присутствию этого элемента, концентрация которого увеличивается в почве при загрязнении нефтью; 3) люцерна посевная за счет симбионтичных микроорганизмов-азотфиксаторов обогащает почву азотом, нормализуя баланс C:N, сдвинутый в сторону углерода при попадании поллютанта в экосистему.

Для сравнения влияния посевов различных фиторемедиантов в качестве примера выберем наиболее чувствительный показатель (активность каталазы) и показатель, проявляющий устойчивость к действию нефти (численность углеводородокисляющих микроорганизмов –УОМ). Для возможности адекватного сравнения параметров использовался относительный показатель, который характе-

Григориади Анна Сергеевна, к.б.н., ассистент, e-mail: nyshal11@yandex.ru; Амирова Алия Римовна, соискатель, e-mail: aliika2007@yandex.ru; Лопатин Николай Валентинович, магистр, e-mail: nikolay-lopatin1991@yandex.ru

ризовал процентное отношение значения показателя в опыте к контрольному. Такая необходимость диктовалась тем условием, что модельные опыты проводились не одновременно и активность контрольных образцов отличалась в разных вариантах эксперимента.

В нашем опыте при нефтяном загрязнении почвы каталазная активность почв под посевами бархатцев (на 30 и 60 сут), люцерны посевной (на 30 сут), пшеницы яровой (на 30 сут) была снижена. Под посевами костреца безостого (на 30 и 60 сут), люцерны посевной (на 60 сут) активность фермента увеличивалась, это свидетельствует о том, что микробиота продуцирующая этот фермент, проявила устойчивость к загрязнению (рис. 1).



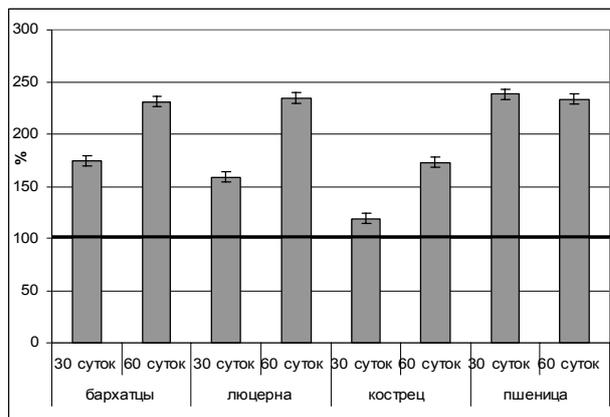
**Рис. 1.** Относительный показатель активности каталазы под посевами растений-фиторемедиантов в условиях нефтяного загрязнения

Внесение нефтяных углеводородов в почву приводило к росту специфической группы микроорганизмов, отвечающей за деструкцию поллютанта. Соответственно, с увеличением концентрации загрязнения в почве, увеличивалась и численность УОМ.

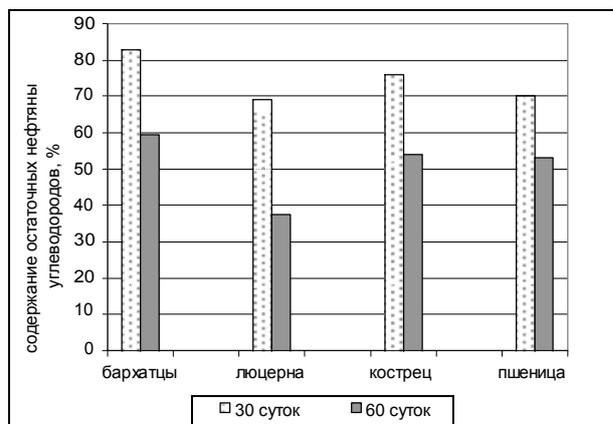
Как показано на рис. 2, в почве под посевами всех четырёх растений-фиторемедиантов относительный показатель численности углеводородсодержащих микроорганизмов превышал значения показателя в контрольном варианте опыта (100%). По относительному показателю можно выделить бархатцы, люцерну посевную, пшеницу яровую, однако по абсолютному же показателю бархатцы уступают другим растениям.

Одним из главных показателей, по которым определяется степень эффективности проведения фиторемедиационных работ, является содержание остаточных нефтяных углеводородов под посевами растений (рис. 3). На 60 сутки самый низкий процент содержания остаточных углеводородов отмечался под посевами люцерны посевной, он составил 37,5%.

В целом, опираясь на данный параметр, по эффективности растения расположились в убывающем порядке: люцерна посевная → пшеница яровая = кострец безостый → бархатцы прямостоячие.



**Рис. 2.** Относительный показатель численности углеводородокисляющих микроорганизмов под посевами растений-фиторемедиантов



**Рис. 3.** Содержание остаточных нефтяных углеводородов в почве под посевами растений-фиторемедиантов

Для общей оценки биологической активности рекультивируемой почвы использовался интегральный показатель биологической активности, предложенный Т.А. Девятовой [10]. Для его расчета использовали как биохимические, так и микробиологические показатели.

**Таблица.** Эколого-биологический интегральный показатель состояния почвы (ИБПС)

Растения-фиторемедианты	30 сут	60 сут
Бархатцы прямостоячие	44,27%	37,33%
Кострец безостый	76,87%	91,51%
Люцерна посевная	61,26%	57,18%
Пшеница яровая	48,70%	51,27%

Из таблицы видно, что эколого-биологический интегральный показатель состояния почвы под посевами костреца безостого через 30 и 60 сут после загрязнения был выше показателей других растений-фиторемедиантов, что говорит о максимальном положительном влиянии данного растения на восстановление биологической активности почвы. Усиление микробиологической активности также свидетельствует об активно протекающих процессах деградации поллютанта.

Биологический показатель под посевами бархатцев прямостоячих и пшеницы яровой был ниже 50%, т.е. активность почвы под посевами была в два раза ниже, чем в контрольном образце. Для люцерны посевной ИБПС состояния почвы превысил 50% барьер, что говорит о более интенсивном протекании процессов очистки и детоксикации.

Проведенное исследование показало, что только комплексная оценка с учетом нескольких параметров, в том числе биохимических, может позволить выявить наиболее эффективные методы биоремедиации, т.к. в первую очередь все мероприятия направлены на восстановление ее биологических свойств.

Таким образом, наиболее эффективными фиторемедиантами для очистки и детоксикации нефтезагрязненной серой лесной почвы оказались люцерна посевная (*Medicago sativa* L.) и коострец безостый (*Bromopsis inermis* L.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В. и др. Химическое загрязнение почв и их охрана. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.
2. Мосунова Ю.В. Биоремедиация черноземов обыкновенных, загрязненных нефтепродуктами, в условиях Азово-Кубанской низменности // Энтузиасты аграрной науки. 2009. № 10. С. 422-424.
3. Anderson T.A., Guthrie E.A., Walton B.T. Bioremediation in the rhizosphere // Environ. Sci. Technol. 1993. V. 27. N 13. P. 2630-2636.
4. Турковская О.В., Муратова А.Ю. Биодegradация органических поллютантов в корневой зоне растений // Молекулярные основы взаимоотношений ассоциированных микроорганизмов с растениями. М.: Наука, 2005. С. 180-208.
5. Суюндуков Я.Т., Миркин Б.М., Абдуллин Ш.Р., Хасанова Г.Р., Сальманова Э.Ф. Роль фитомелиорации в воспроизводстве плодородия черноземов Зауралья (Башкирия) // Почвоведение. 2007. № 10. С. 1217-1225.
6. Терпелец В.И., Мосунова Ю.В. Биологическая ремедиация почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Труды КубГАУ. 2009. Вып. 3. С. 69-73.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 304 с.
8. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
9. McGill W.B., Rowell M.J. Determination content of oil contaminated soil // Sci. Total. Environ. 1980. V. 14. N 3. P. 245-253.
10. Девятова Т.А. Биоэкологические принципы мониторинга и диагностики загрязнения почв // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2005. № 1. С. 105-106.

#### ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF CROPS VARIOUS PHYTOREMEDIANTS FOR RESTORATION OF THE OIL POLLUTED GRAY FOREST SOIL

©2013 A.S. Grigoriadi, A.R. Amirova, N.V. Lopatin

Bashkir State University, Ufa

The paper presents data on the study the effectiveness of various crop plants for remediation of oil-contaminated gray forest soils. Assessment of the cleaning and restoration of soil ecosystems based on the use of a total content of residual hydrocarbons and the complex of biochemical (enzyme activity) and microbiological (the number of different physiological groups of microorganisms) parameters in the rhizosphere of plants. All figures have been merged into a common integrated indicator of biological activity in the soil. Our studies allow us to recommend as phytoremediants alfalfa seed and rump inermis.

**Key words:** *phytoremediation, gray forest soil, oil, integrated indicator of biological activity of soil, Tagetes erecta, Bromopsis inermis, Triticum aestivum, Medicago sativa.*