

УДК 69: 630.43

В.А. ШАБАНОВ

кандидат технических наук, профессор кафедры природоохранного и гидротехнического строительства, член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук Самарский государственный архитектурно-строительный университет

А.А. МАРКЕЛОВА

магистрант факультета инженерных систем и природоохранного строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет

ОЦЕНКА ПИРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ

ASSESSMENT OF PYROGENIC IMPACTS ON FOREST SOILS

Рассматриваются такие воздействия на лесные почвы, как пожары, связанные с выжиганием нефти и применением воздушно-механической пены для огневой ликвидации разливов нефти. Методом биотестирования проведена оценка пирогенного воздействия на почвы.

Ключевые слова: лесной пожар, пенообразователь, биотестирование, тест-объект.

There are such impacts on forest soils as fires associated with burning out of oil and the use of air-mechanical foam for fire liquidation of oil spills. Assessment of pyrogenic impact on the soil carried out by the method of biotesting.

Keywords: forest fire, foaming agent, biotesting, test-object.

Основными видами использования лесов на территории Самарской области являются: освоение древесных ресурсов, ведение охотничьего хозяйства, строительство и эксплуатация линейных объектов, заготовка, сбор недревесных лесных ресурсов, ведение сельского хозяйства и осуществление рекреационной деятельности [1]. Высокая посещаемость лесных массивов сопровождается вытаптыванием растительного покрова, изъятием населением флоры (в первую очередь цветковых растений) в бытовых целях, вырубкой деревьев и кустарников для кострищ; по вине рекреантов возникает абсолютное большинство, а именно 88 %, лесных пожаров.

Спектр событий возникновения лесных пожаров следующий: умышленный поджог; небрежное обращение с огнём; пожар от грозовой активности; сельскохозяйственные палы; влияние железной дороги, линий электропередач, автомобильных трасс; аварии на технологических объектах, расположенных на лесопокрытых территориях; выжигание разлива нефти; другие неустановленные причины.

Лесные пожары представляют собой сложные физико-химические процессы, на скорость которых влияет не только химическая реакция, но и неконтролируемый приток окислителя из окружающей среды [2].

Самарская область является нефтедобывающей. В процессе нефтедобычи на месторождениях, а

также при транспортировке нефти неизбежно происходят разливы нефти, которые негативно влияют на все компоненты окружающей среды, растительный и животный мир, на атмосферу и гидрологическую сеть и особенно на почвенный покров. Загрязнение почв нефтью значительно меняет их морфологические, агрохимические и физиологические свойства.

Часть нефти, разлитая в доступных местах, откачивается, разливы нефти в непосредственной близости от промысловых объектов просто засыпаются песком. Большая часть разливов остаётся брошенной или выжигается.

Выжигание нефти на поверхности приводит к окончательной гибели растительности, образованию спекшейся корки на поверхности почвы, вторичному образованию и распространению токсичных и канцерогенных веществ, проникновению несгоревшей нефти вглубь почвы и расширению площади её распространения. Засыпка загрязнённых участков землёй или песком задерживает доступ кислорода к нефти, что сдерживает процессы деградации загрязнённого участка, приводит к образованию сероводорода, вторичного загрязнения и токсикоза почвы и грунтовых вод.

Процесс огневой ликвидации разливов нефти удаётся осуществлять с учётом требований экологической, пожарной и промышленной безопасности. Целесообразность выжигания углеводородов долж-

на определяться эколого-экономическими критериями: ущерб от огня окажется меньше, чем его неприменение.

На объектах нефтегазовой отрасли для огневой ликвидации разливов нефти и крупных пожаров применяют воздушно-механическую пену, для этого требуется сосредоточение на месте пожара большого количества пенообразователей [3].

Почва - важнейший природный ресурс, и одной из главных задач является сохранение почвенного покрова как основного компонента биосферы и носителя плодородия.

В данной работе рассматривается комплексное исследование влияния нефти, пирогенного воздействия (горения) и пенообразователей (ПО) на почву методом биотестирования.

Биотестирование – это процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов.

Предварительно для проведения эксперимента были подготовлены пять участков земли (гряды) с растительным покровом, площадь каждого равна 1 м², расстояние между ними 0,5 м. На двух участках (№1 и 4) был осуществлён равномерный разлив нефти по 1,5 л на 1 м². Гряды №1, 2, 3 и 4 подвергались пирогенному воздействию, две из которых (№1 и 2) тушили рабочим раствором пенообразователя UNISERAL AF 12-01/RU 6 % F-45 (раствором

с рабочей концентрацией пенообразователя 6 %; пенообразователь фторсинтетический плёнкообразующий). Пенообразователи UNISERAL применяют для тушения пожаров (нефти и нефтепродуктов). Участок №5 – контрольный (без воздействий).

В опытах в качестве модельного тест-растения были использованы семена овса [4] как дающего наиболее стабильные и воспроизводимые данные по сравнению с семенами других культур и имеющего чётко выраженную реакцию на присутствие загрязнителя.

В эксперимент отбирались неповреждённые семена овса (125 г), проращивание которых длилось в течение двух суток при t_{комп.}=28 °С, после чего осуществили посев на заготовленные участки (каждый участок разделили на 6 гряд, толщиной 2 см, расстояние между которыми 15 см; посев семян производился во влажную почву на глубину 2-3 см; расход овса - 20-25 г на 1 м² (на каждый участок выселили 900 семян). Первые всходы появились на 3-й день после посева. Это объясняется следующими факторами: повышенной температурой воздуха (24÷37 °С); хорошей освещённостью посевов; тщательным поливом (один-два раза в день плюс дождь; поливали из расчёта 9 л воды на 1 м²). Динамика прорастания семян овса представлена на рис. 1.

Опыт длился в течение 21 дня, после чего извлекли тест-объекты из почвы, промыли растения в воде, добываясь полного отсутствия земли на корневой системе, измерили рост надземной и подземной частей овса, отделили стебли от корней и обсушили

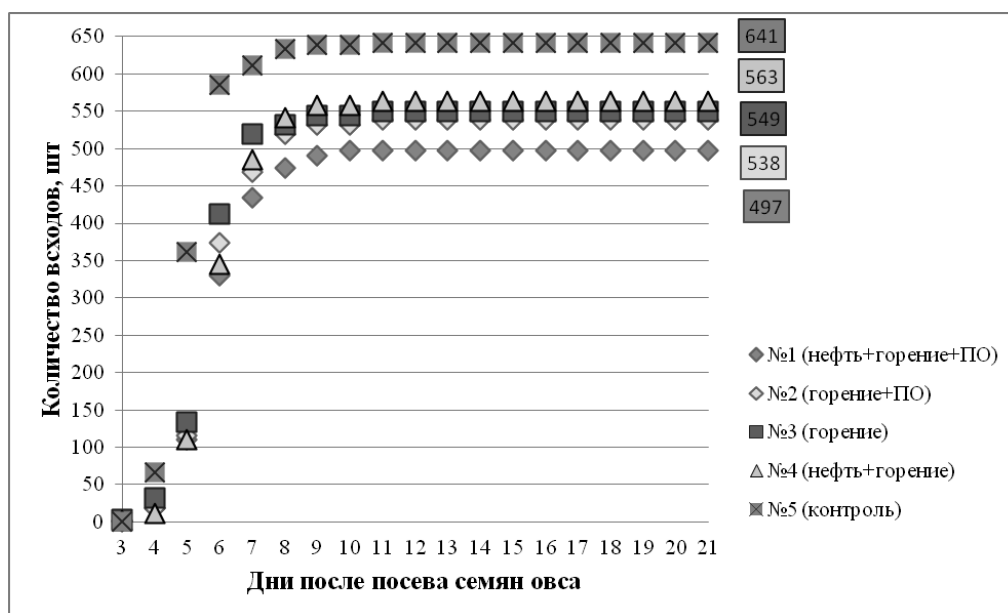


Рис. 1. Динамика прорастания семян овса на экспериментальных участках

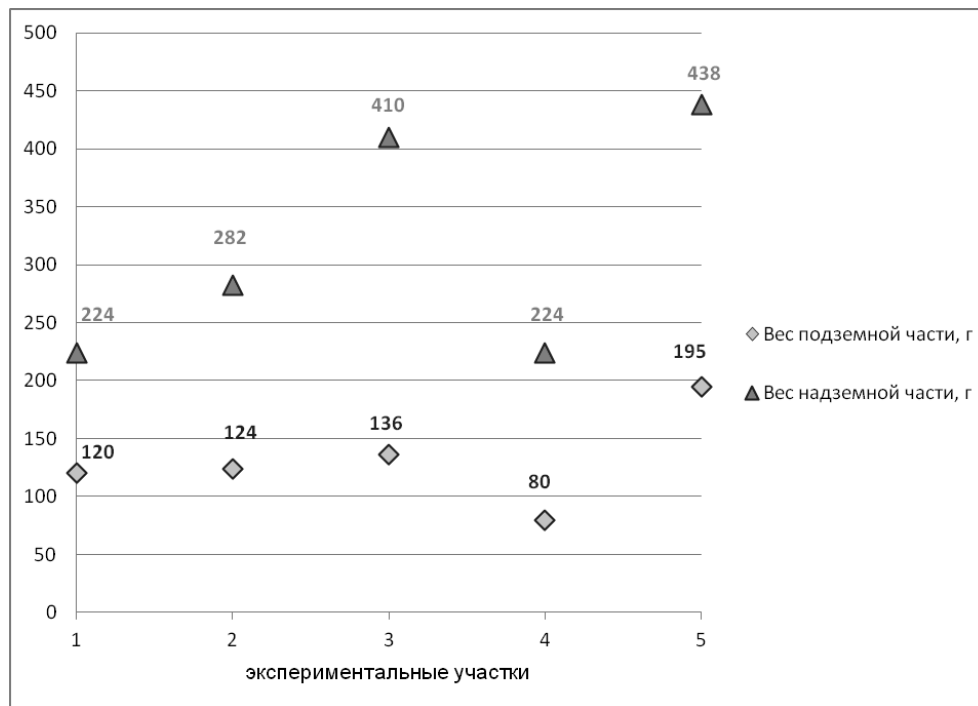


Рис. 2. Вес подземной и надземной частей овса

на фильтровальной бумаге, затем взвесили и получили результат, представленный на рис. 2.

Оценка состояния почв по динамике роста надземной и подземных частей овса выявила, что рост стеблей и корней овса на нефтезагрязненных участках, подвергшихся горению, а затем тушению, был значительно ниже, по сравнению с контрольными вариантами (участок №5). Их рост зависел от содержания нефти и пенообразователя в почве. На участках с содержанием нефти (№1 и 4) вес надземной и подземной частей растения был самым низким.

Для оценки степени токсических свойств нефти, пирогенного воздействия и пенообразователя (ПО) были проведены исследования с использованием метода биотестирования.

Показателем тест-функции являлась длина корней проростков. Вычислили среднюю величину длины корней L_{cp} для контрольных и опытных семян по формуле $L_{cp}=(\sum L_i)/n$, где L_i - длина корня каждого семени, см; n - общее количество семян, взятых в опыт ($n=50$). Были получены следующие результаты: $L_{cp.1}=9,11$ см – на 1-м участке; $L_{cp.2}=9,79$ см – на 2-м участке; $L_{cp.3}=9,85$ см – на 3-м участке (горение); $L_{cp.4}=7,93$ см – на 4-м участке; $L_{cp.5}=17,14$ см – на 5-м участке (контроль).

Для оценки токсичности определялся фитотоксический эффект (эффект торможения) E_T по формуле $E_T=[(L_k-L_{оп})/L_k] \cdot 100\%$, где E_T - эффект торможения, %; $L_{оп}$ - средняя длина корней в опыте, см; L_k - средняя длина корней в контроле, см.

Таблица 1

Характеристика влияния нефти, пирогенного воздействия и пенообразователя на тест-объект

Участок и факторы воздействия	Средняя длина корней, % к контролю	Фитотоксический эффект, %	Тест-реакция
№1 (нефть+горение+пена)	53,15	46,85	Эффект торможения
№2 (горение+пена)	57,12	42,88	Эффект торможения
№3 (горение)	57,47	42,53	Эффект торможения
№4 (нефть+горение)	46,27	53,73	Эффект торможения
№5 (контроль)	100	0	Норма

Вывод: наличие нефти и пенообразователя приводит к появлению токсичных веществ в почве, к нарушению её проницаемости и, как следствие, к уменьшению поступления питательных веществ и кислорода к семенам растения.

Фитотоксическое действие считается доказанным, если фитоэффект (E_T) составляет 20 % и более. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Дисперсионный анализ

Для оценки однородности дисперсий по критерию Кохрена применялись следующие данные: доверительная вероятность $p=0,05$; число степеней свободы $f = 4$, количество дисперсий $n = 5$ (дисперсии по росту надземной части овса: 34.6; 47.8; 46.6; 21.8; 44.42). Отношение максимальной дисперсии к сумме дисперсий $47.8 / 195.22 = 0.2448$. Оно меньше табличного значения критерия Кохрена $G(p=5, f=4) = 0.5441$, следовательно, дисперсии однородны (аналогично для подземной части овса). Сравнивая дисперсии, проверяют, все ли введенные дисперсии принадлежат одной генеральной совокупности и нет ли выпадающих значений.

Подводя итоги, можно сказать, что целью дисперсионного анализа является проверка статистической значимости различия между средними показателями (критерий Стьюдента).

По полученным данным можно утверждать, что расхождение средних значений по длине роста надземной части овса обнаружено на участках №1 и 2, 1 и 3, 1 и 4, 1 и 5, 2 и 4, 2 и 5, 3 и 5, 4 и 5, 3 и 4, а на участках №2 и 3 расхождений не обнаружено. На том же уровне значимости при сравнении средних значений по длине роста корней овса обнаружено на участках №1 и 4, 1 и 5, 2 и 4, 2 и 5, 3 и 5, 4 и 5, 3 и 4 и нет оснований считать расхождение значимым на участках №1 и 2, 1 и 3, 2 и 3. Делаем вывод, что влияние воздушно-механической пены на почву при отсутствии нефти не обнаружено.

В компьютерной программе MathCad обрабатывали данные по двум экспериментам. В первом случае (рис. 3, слева) рассматривались участки №1, 2, 3

(контроль) и 4, подвергшиеся пирогенному воздействию, в качестве факторов были выбраны нефть (X1) и пенообразователь (X2). Была составлена матрица планирования эксперимента, откликом (Y1) приняли вес подземной части овса, г. Получили регрессионное уравнение $Y1=115-15 \cdot X1+7 \cdot X2$ и выполнили визуализацию расчётных и экспериментальных точек (рис. 3, слева). В другом случае (рис. 3, справа), для эксперимента были выбраны участки №2, 3 и 5 (контроль), а факторами – пирогенное воздействие (Z1) и пенообразователь (Z2). Для трёх точек составили матрицу планирования эксперимента, вывели регрессионное уравнение $Y2=159,5-29,5 \cdot Z1-6 \cdot Z2$.

Для определения степени влияния пенообразователя на почву и растения провели дополнительные исследования в лабораторных условиях.

Для проведения эксперимента были выбраны пенообразователи:

UNISERAL AF 12-01/RU F-45 (1, 3 и 6%) – синтетический фторсодержащий; *UNISERAL S2* (1 и 3%) – синтетический углеводородный.

В качестве тест-объекта были использованы бобы. Семена бобов замачивались в воде и проросли на вторые сутки. Выращивание бобов проводили с учётом комнатной температуры в стеклянной посуде. Опыт длился в течение 11 дней.

Ежедневно измерялись длина корней и стеблей семян бобов, а также учитывалась смертность бобов и появление боковых корней.

Сравнение проводили между средними длинами корней тест-объектов, выращенных в контрольной среде (воде), и тест-объектов, выращенных в рабочих растворах двух марок пенообразователей (*Uniseral S2* (конц.); *Uniseral S2* 1%; *Uniseral S2* 3%; *Uniseral S2* 6%; *Uniseral AF 12-01/RU F-45* (конц.); *Uniseral AF 12-01/RU F-45* 1%; *Uniseral AF 12-01/RU F-45* 3%) (рис. 4 а). То же самое проделали со стебля-

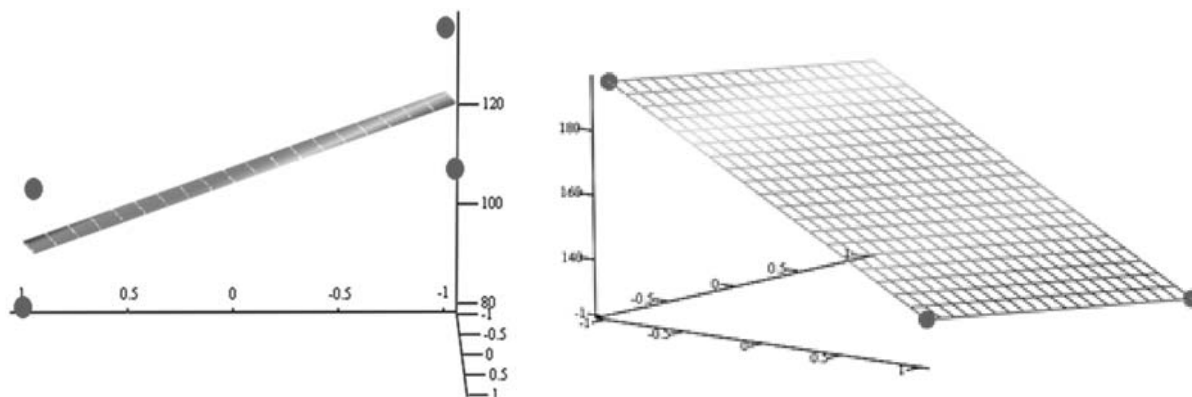
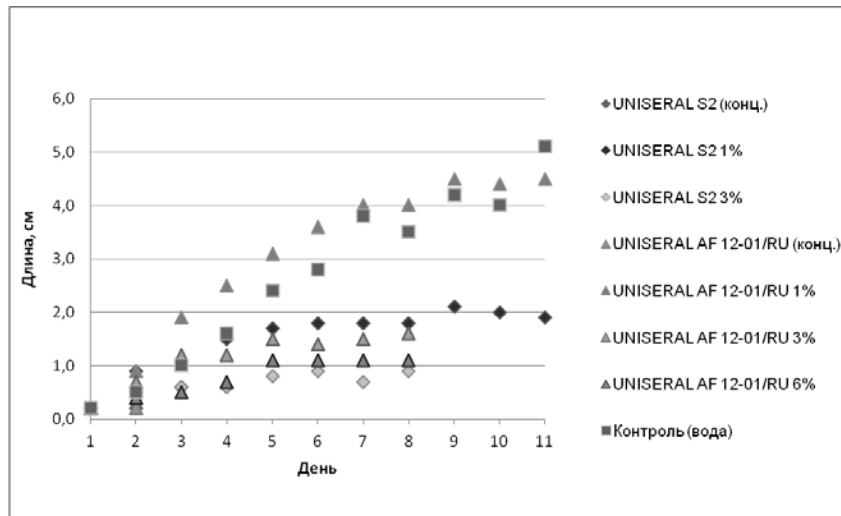
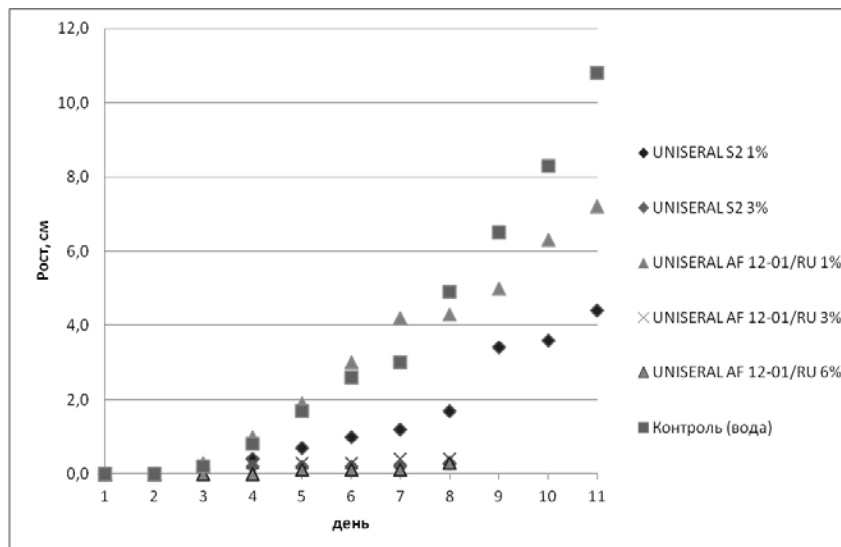


Рис. 3. Визуализация расчётных и экспериментальных точек

а



б



в

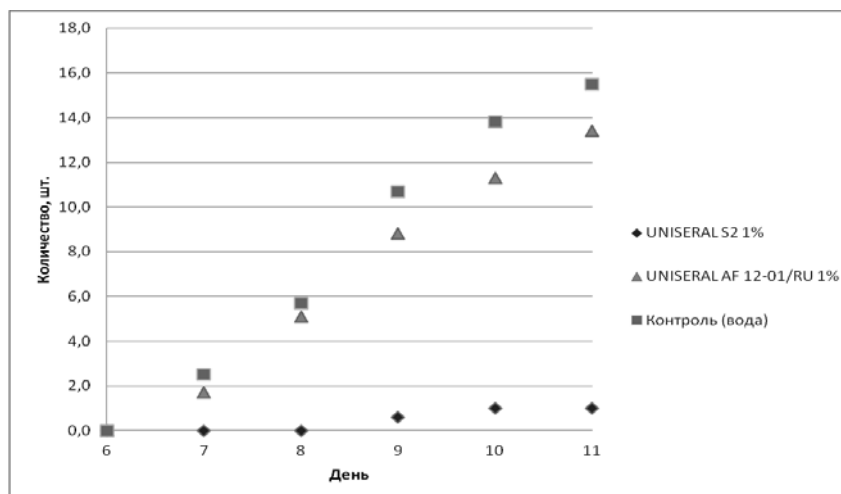


Рис. 4. Диаграммы по биотестированию: а - динамика роста корней бобов; б – динамика роста надземной части бобов; в – число боковых корней у бобов

ми растений (рис. 4 б). Считали отростки боковых корней растений и определяли их среднее количество, аналогично проводили сравнение (рис. 4 в).

Анализируя рис. 4, можно утверждать, что рабочий раствор с концентрацией 1 % пенообразователя Uniseral AF 12-01/RU F-45 оказывает менее токсичные свойства на тест-объект, так как данные близки к контрольным значениям. В остальных образцах наблюдается отличие от контроля.

В целях минимизации вреда на окружающую среду при возникновении лесных пожаров, связанных с разливом нефти, предлагаем:

- применять пенообразователи марки Uniseral AF 12-01/RU F-45 1%, проявляющие менее токсичные свойства на почву;
- проводить фиторекультивацию нефтезагрязненных земель, так как фиторекультиванты улучшают водно-воздушный режим почвы, стимулируют деятельность углерододоксилирующих микроорганизмов. Эти растения в консорциуме с углерододоксилирующими микроорганизмами очищают почву от нефтепродуктов до 97,2 %. В качестве фиторекультивантов рекомендуем использовать свиной пальчатый (*Cynodon dactylon*) и тростник южный (*Phragmites australis*);
- проводить лесовосстановительные и лесозащитные мероприятия;
- использовать геоинформационные системы для мониторинга лесных пожаров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2010 год. Выпуск 21 [Текст]. – Самара, 2011. – 336 с.
2. Гришин, А.М. Методика определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров [Текст] / А.М. Гришин, А.А. Долгов, А.Ф. Цимбалюк; Томский государственный университет. Приказ Госкомэкологии России № 90 от 5 марта 1997 г.
3. Шароварников, А.Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение [Текст] / А.Ф. Шароварников. – М.: Знак, 2000.
4. Фомин, Г.С. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам: справочник [Текст] / Г.С. Фомин, А.Г. Фомина. – М.: Протектор, 2001. – 304 с.

© Шабанов В.А., Маркелова А.А., 2012