

---

---

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,  
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

---

---

УДК 504.054+ 630.11

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ РАКЕТНЫМ  
ТОПЛИВОМ С ПОМОЩЬЮ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ**

© 2018 М.Е. Баранов

*Сибирский государственный университет науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия*

На сегодняшний день существует множество способов определения химического загрязнения почвы. Самым распространенным и универсальным по праву считается метод биотестирования. Использование различных методов биотестирования позволяет получать достаточно точные результаты.

Объектом исследования является почвенный покров на объекте эксплуатации ракетной техники. После ликвидации воинской части в Емельяновском районе, Красноярского края из-за попадания в почву значительного количества компонентов ракетного топлива (КРТ) сложилась неблагоприятная экологическая обстановка, что нашло своё отражение в сохранении высокого уровня фитотоксичности. В настоящее время территория воинской части является бесхозной, имеются разрушенные спецсооружения. На почвенном покрове имеются видимые маслянистые пятна, присутствует специфический запах. По показаниям войскового прибора химической разведки (ВПХР) с индикаторными трубками ИТ-Г1 и ИТ-2Т установлено наличие в почве КРТ 0,001 мг/л, что соответствует уровню «Опасно». В связи с этим необходимо провести мониторинг химически загрязненной почвы, выявить экологически неблагоприятные зоны, оценить возможность использования почвы в лесном хозяйстве.

Для проведения эксперимента было отобрано 10 проб из различных участков, расположенных на определенном расстоянии друг от друга и охватывающий зоны приближенные к техническим сооружениям, а также две контрольные пробы на удалении трех и пяти километров от объекта исследования.

Целью исследования является выявление загрязнения почвы. В связи с этим требуется определить влияние химического загрязнения на тест объекты: сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L. и кресс-салат *Lepidium sativum* L., провести статистическую обработку полученных экспериментальных данных для минимизации площади подлежащей рекультивации.

*Ключевые слова:* почва, химическое загрязнение, ракетное топливо, биотестирование.

Поступила в редакцию: 10.02.2018

## ВВЕДЕНИЕ

В результате аварийных ситуаций при сливе из ракет и специальных емкостей КРТ происходит химическое загрязнение почвы [1]. Ракетное топливо очень подвижно в ландшафтах, хорошо смешивается с водой, что также предопределяет возникновение отдельных техногенных аномалий. Гидразиновые горючие при попадании в почву разлагаются и окисляются с образованием воды, углекислого газа и молекулярного азота, а также ряда высокотоксичных продуктов: диметиламина, формальдегида, синильной кислоты и других опасных веществ [2]. Такие горючие прочно связываются с органоминеральным комплексом почвы и могут длительное время (месяцы и годы) сохраняться, накапливаясь в поверхностном слое и мигрируя в более глубокие слои [3].

Исследования загрязненных компонентами ракетного топлива мест эксплуатации ракетной техники разной давности (от 5 до 23 лет) показало, что уменьшение концентрации гидразиновыми горючими до уровня 1-2 ПДК происходит более чем за 20 лет. Концентрации остатков топлива в местах заправки и хранения КРТ могут достигать 1.2-3.4 мг/кг. Максимальные концентрации отмечаются в верхних горизонтах почвы, что эквивалентно 10-30 ПДК [4]. Гидразиновые горючие имеют выраженную щелочную реакцию (рН12). При их проливе на растительный покров происходят щелочные ожоги. Пораженная растительность приобретает вид «вареной» зелени, высыхая, становится коричневой. Проникая в ткани растений, они способны сохраняться длительное время (более 1 года) и варьировать в пределах концентраций 0.1-5 мг/кг. Несимметричный диметилгидразин (гептил) – один из самых токсичных компонентов ракетного топлива [5].

Проблема гептила является одной из основных при обеспечении экологической безопасности территорий ликвидированных воинских частей [6]. В связи с этим возникает необходимость проведения экологических исследований в области воздействия объектов эксплуатации ракетной техники на природную среду, которые могли бы дать объективную информацию о масштабах и интенсивности этого воздействия.

Целью исследования является выявление химического загрязнения почвы, оценка влияния КРТ на биологические объекты.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись почва и растительный покров с бывшего места дислокации воинской части Ракетных войск в Емельяновском районе Красноярского края.

Территория объекта расположена в лесном массиве на специально оборудованной площадке. После ликвидации воинской части остались бесхозными строительные сооружения различного назначения. Примыкающая площадь представлена следующими типами почв: чернозем выщелоченный – 17,7%, чернозем обыкновенный – 16,1%, серые лесные – 12,8%, лугово-черноземные – 10,8%, пойменные – 6,3%, болотные – 2,3%, необследованные – 34%. С севера к изучаемой территории прилегает лесополоса, с западной протекает река Кача. В южной и восточной части изучаемой территории расположены железнодорожная ветка и асфальтированная дорога. Основной древесной формой соприкасающейся непосредственно с объектом является сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), растительный покров разнотравно-злаковый.

Отбор проб проводился в течение вегетационного периода 2017 года. Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 [7], на исследуемом объекте было выбрано 10 пробных площадок размером 20x20 метров. Площадки № 1, 2, располагались вблизи сооружений для хранения КРТ. Площадки № 3, 4 располагались вблизи ракетной шахты, где непосредственно проводилась работы по заправке ракет. Площадки 5-10 располагались вблизи сооружений для хранения и нейтрализации агрегатов заправочного оборудования. Контрольные площадки 1-2 располагались на удалении 3 км на восток и 5 км на запад от объекта. Точечные пробы почвы отбирали на пробных площадках послойно с глубины 0-5 и 5-20 см методом конверта. Объединенную почвенную пробу составляли путем смешивания 5 точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

Среди высших растений наиболее чувствительны к загрязнению окружающей среды хвойные растения. В исследованиях по биоиндикации чаще всего используется сосна обыкновенная, как наиболее распространенное хвойное дерево [8]. Загрязняющие

вещества накапливаются в ее хвое, коре и древесине. Они оказывают влияние на рост, жизнеспособность и общую продолжительность жизни деревьев. Особенно заметно это воздействие на хвое. В загрязненных районах хвоинки закручиваются на концах или спирально по всей длине, покрываются пятнами, сохнут раньше времени и опадают [9].

В условиях промышленного загрязнения ухудшение состояния деревьев сосны обыкновенной сопровождалось возрастанием относительного содержания запасных и структурных форм углеводов, увеличением соотношения белковый - небелковый азот, в пользу последнего. С ухудшением жизненного состояния в хвое сосны наблюдается снижение числа макроэргических соединений, сахарофосфатов, зеленых пигментов и увеличение неорганического фосфора, крахмала и глюкозы [10-11]. При общем снижении продолжительности жизни хвои, нарушения в ней, содержание и соотношение отдельных элементов минерального питания, изменения в содержании пигментов определяются видовой принадлежностью. С увеличением степени загрязнения в хлоропластах хвои сосны *Pinus sylvestris* L., происходит снижение общего количества хлорофиллов и каротиноидов [12]. Изменение окраски листьев или хвои представляет собой в большинстве случаев неспецифическую реакцию на различные стрессоры [13].

На каждой пробной площадке обследовали по 10 деревьев. Средний возраст деревьев 5 лет, высота 3-5 метров, диаметр ствола 5-8 см. Сначала внимательно осмотрели все хвоинки побега сосны обыкновенной и определили класс усыхания по следующим критериям: Класс 1 – Нет сухих участков. Класс 2 – Кончик хвоинки на 2-5 мм усох и пожелтел (шипик на конце хвоинки всегда светлый и его окраска не включается в оценку). Класс 3 – Хвоинка усохла до 1/3. Класс 4 – Вся хвоинка пожелтела, более половины длины сухая.

Фитотоксичность грунта определяли биотестированием по снижению энергии прорастания и всхожести кресс-салата (*Lepidium sativum* L) в сравнении с контролем. В каждый образец почвы были посеяны по 200 семян. Энергию прорастания и всхожесть определяли согласно ГОСТ 12038-84 [14]. В качестве основных параметров оценки (*Pinus silvestris*) выбраны морфометрические показатели годовичного линейного прироста: длина годовичного прироста, количество хвои осевого побега, длина хвои, диаметр осевого побега [15].

Математическую обработку результатов проводили стандартными методами с использованием пакета анализа MS Excel и StatSoft STATISTICA 6.0 [16].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Биотестирование почвенных образцов показало его высокую фитотоксичность. Во всех образцах отмечено снижение всхожести тест-культуры относительно контроля. Максимальная антропогенная нагрузка отмечена на пробных площадках 1 и 2, где предположительно имелись аварийные проливы в ходе работ с КРТ (табл. 1).

При использовании в качестве показателя фитотоксичности энергии прорастания тест-культуры фитотоксический эффект был менее выражен (табл. 2).

Исследования морфометрических показателей (*Pinussilvestris*) в конце вегетационного периода 2017 года показали существенные отличия от контрольных площадок (табл. 3). Повреждение некрозом и хлорозом хвои сосны обыкновенной наблюдались на всей территории объекта (табл. 4). Возможно, это связано с ухудшением жизненного состояния сосны вследствие влияния химического загрязнения. Не исключается факт миграции КРТ в почве с атмосферными осадками.

Всхожесть тест-культуры положительно коррелировала с морфометрическими

показателями сосны и отрицательно – с показателями повреждений некрозом и хлорозом. Для энергии прорастания подобные корреляции отсутствовали (табл. 5).

Связь между всхожестью тест-культуры и морфометрическими показателями сосны, а также между всхожестью и показателями повреждения сосны, носила нелинейный характер (рис. 1, 2).

**Таблица 1.** – Всхожесть тест-культуры (*Lepidiumsativum* L) в образцах почвы в процентах от общего числа посеянных семян [The germination capacity of the test culture (*Lepidiumsativum* L) in soil samples as a percentage of the total number of seeds sown]

№ пробной площадки	Всхожесть, %	Всхожесть, % к контролю	Снижение относительно
1	48	50,5	49,5
2	53	55,8	44,2
3	67	70,5	29,5
4	68	71,6	28,4
5	78	82,1	17,9
6	78	82,1	17,9
7	83	87,4	12,6
8	88	92,6	7,4
9	89	93,7	6,3
10	88	92,6	7,4
Контрольная площадка №1	95	100,0	0,0
Контрольная площадка №2	95	100,0	0,0

**Таблица 2.** – Энергия прорастания тест-культуры (*Lepidiumsativum* L) в образцах почвы с разных пробных площадок [The germination energy of the test culture (*Lepidiumsativum* L) in soil samples from different test plots]

№ пробной площадки	Энергия прорастания, %	% к контролю	Снижение относительно контроля, %
1	66	98,5	1,5
2	66	98,5	1,5
3	63	94,0	6,0
4	64	95,5	4,5
5	50	74,6	25,4
6	65	97,0	3,0
7	37	55,2	44,8
8	57	85,1	14,9
9	40	59,7	40,3
10	67	100,0	0,0
Контрольная площадка №1	67	100,0	0,0
Контрольная площадка №2	67	100,0	0,0

**Таблица 3.** – Средние морфометрические показатели *P. silvestris* на территории объекта исследований в конце вегетативного периода [The average morphometric parameters of *P. silvestris* on the territory of the research object at the end of the vegetative period]

№ пробной площадки	Длина годового прироста, мм	Количество хвои	Длина хвои, мм	Величина радиального прироста, мм
1	90	75	15	3
2	95	77	15	3
3	100	78	15	3,2
4	105	78	16	3,2
5	105	82	16	3,4
6	115	84	16	3,4
7	120	86	18	3,6
8	120	86	18	3,6
9	130	88	18	3,8
10	135	90	18	3,8
Контрольная площадка №1	155	95	20	4
Контрольная площадка №2	160	97	20	4

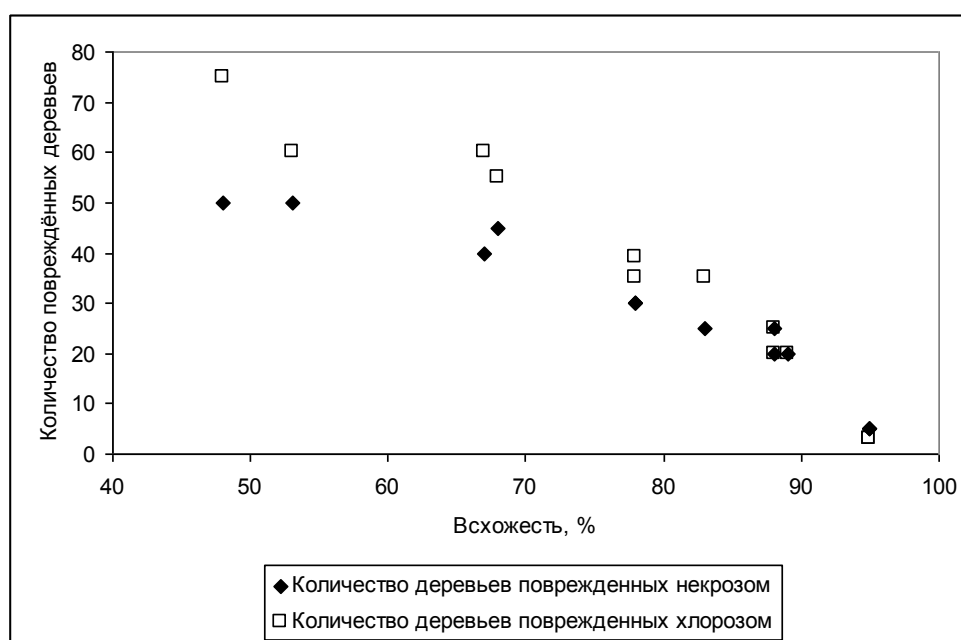
**Таблица 4.** – Показатели повреждений некрозом и хлорозом хвои сосны обыкновенной на территории объекта исследований (%) [indicators of damage by necrosis and chlorosis of pine needles in the territory of the research object (%)]

№ пробной площадки	Количество хвои с признаками некроза (%)	Количество хвои с признаками хлороза (%)
1	50	75
2	50	60
3	40	60
4	45	55
5	30	35
6	30	39
7	25	35
8	25	25
9	20	20
10	20	20
Контрольная площадка №1	5	3
Контрольная площадка №2	5	3

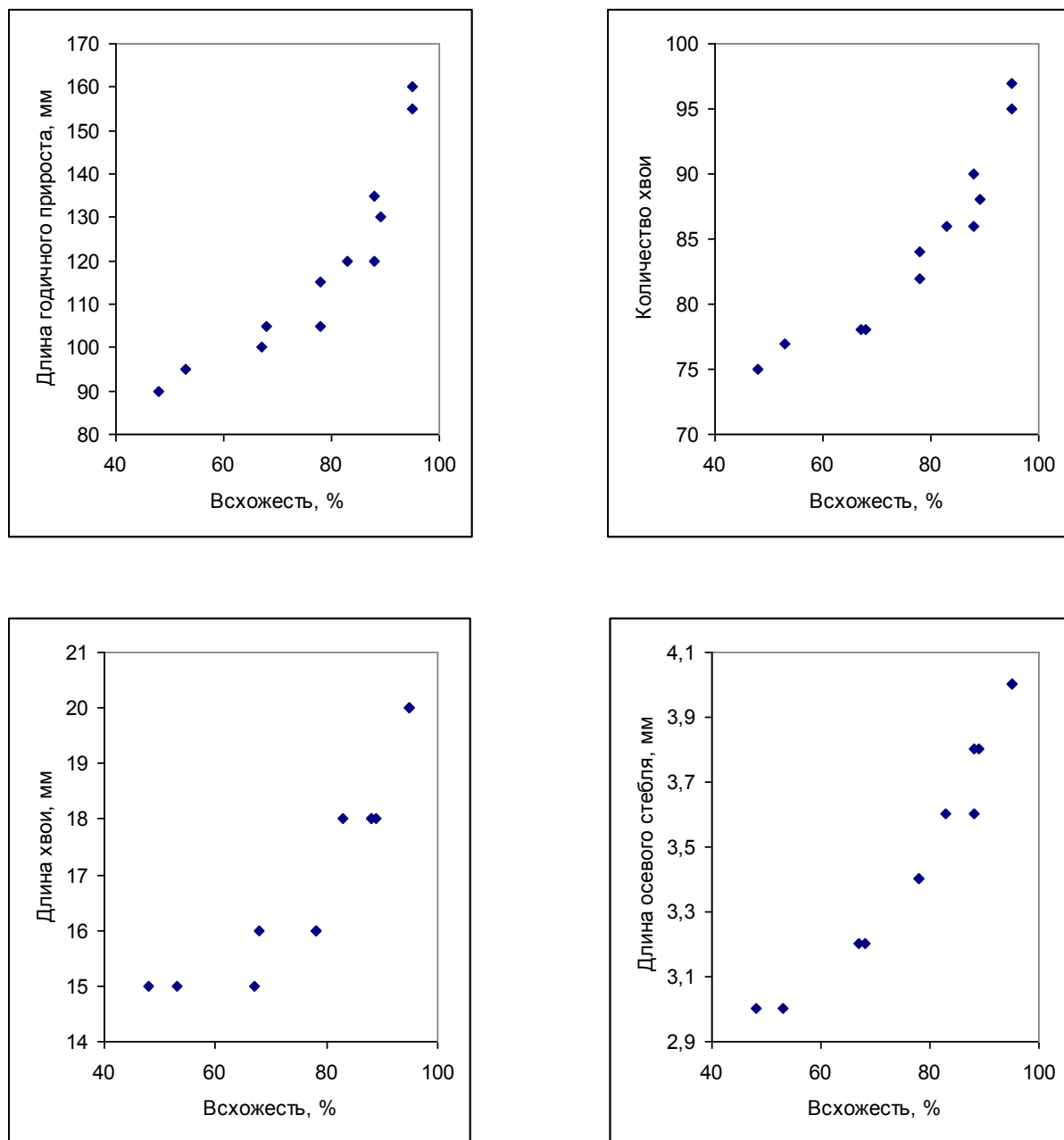
**Таблица 5.** – Корреляционные связи всхожести и энергии прорастания тест-культуры с морфометрическими показателями и показателями повреждений сосны. Выделенные жирным шрифтом коэффициенты корреляции статистически значимы на уровне  $p < 0,001$  [Correlation relations of germination and energy of the test culture with morphometric indices and indicators of pine damage. The bold correlation coefficients are statistically significant at the level of  $p < 0.001$ ]

Показатель	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
Энергия прорастания, %	<b>-0,250</b>	
Длина годовичного прироста, мм	<b>0,891</b>	0,036
Количество хвои	<b>0,922</b>	-0,039
Длина хвои, мм	<b>0,894</b>	-0,115
Длина осевого стебля, мм	<b>0,959</b>	-0,167
Количество деревьев поврежденных некрозом	<b>-0,949</b>	0,123
Количество деревьев поврежденных хлорозом	<b>-0,961</b>	0,127

Дискриминантный анализ показал, что при использовании всхожести тест-культуры, морфометрических показателей и показателей повреждения (см. табл. 4) в качестве набора переменных статистическая значимость различий между контрольными площадками и пробными площадками составляет  $p < 0,001$ . В то же время энергия прорастания тест-культуры не является значимым показателем для разделения контрольных и пробных площадок. Последовательное сокращение числа переменных показывает, что наиболее значимыми показателями для разделения контрольных и пробных площадок являются длина годовичного прироста, величина радиального прироста и количество деревьев, поврежденных некрозом. На рисунке 3 показана проекция пробных и контрольных площадок на эти три показателя.



**Рис. 1.** – Связь между всхожестью тест-культуры и показателями повреждения сосны [The relationship between the germination of the test culture and the indicators of pine damage]



**Рис. 2.** – Связь между всхожестью тест-культуры и морфометрическими показателями сосны [The relationship between the germination of the test culture and the morphometric parameters of pine]

Как видно из представленной проекции, по степени угнетающего воздействия на сосну пробные площадки группируются в строгом соответствии с принадлежностью к сооружениям на объекте (см. рис. 2). При проведении кластерного анализа по всему набору изученных показателей пробные площадки П1 и П2 (Место хранения ракетного топлива), П3 и П4 (Место заправки ракет), П5 и П6 (Станция очистки стоков) образуют хорошо обособленные кластеры вне зависимости от метода кластеризации. Пробные площадки П7, П8 (Станция нейтрализации), П9, П10 (Сооружения для хранения агрегатов заправочного оборудования) образуют общий кластер (рис. 4).

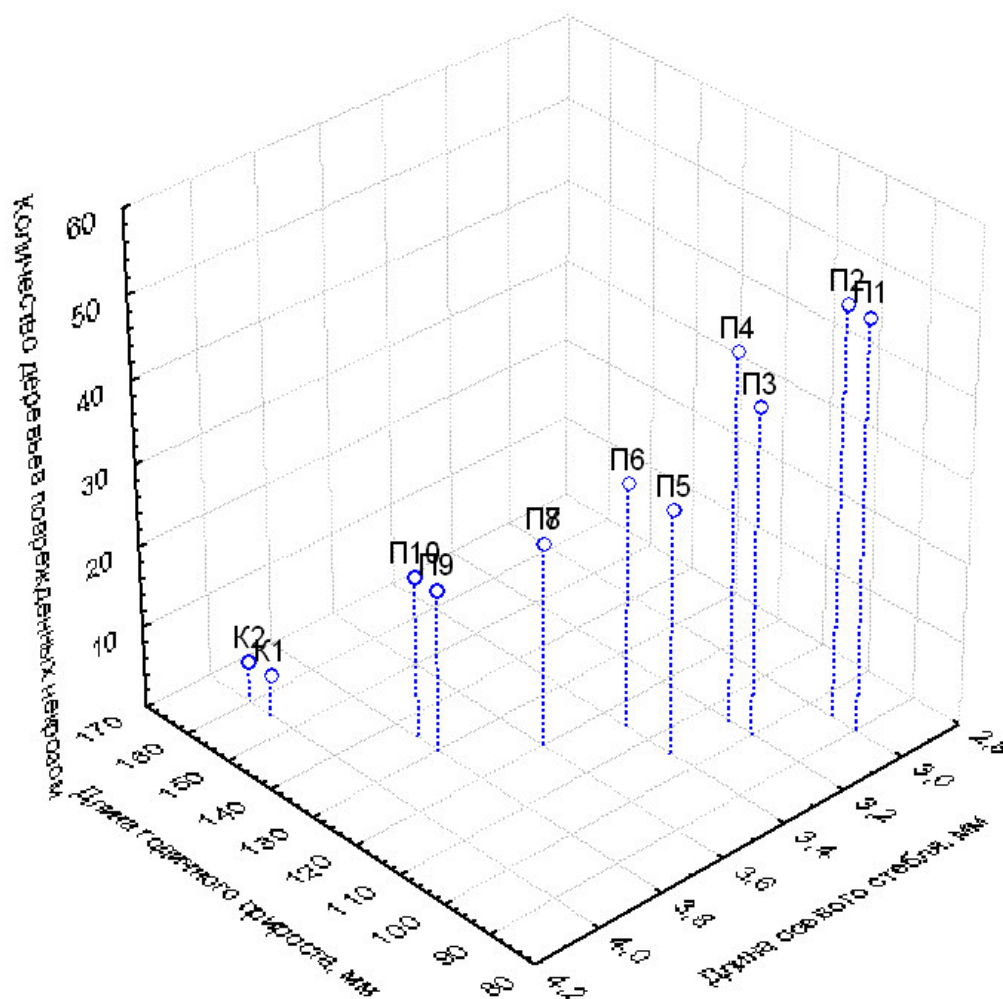


Рис. 3. – Расположение пробных (точки П1-П10) и контрольных (точки К1, К2) площадок в координатах «длина годового прироста», «величина радиального прироста» и «количество деревьев, поврежденных некрозом» [Location of test (points P1-P10) and control (points K1, K2) sites in the coordinates "length of annual growth," the value of radial growth "and" the number of trees damaged by necrosis "]

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

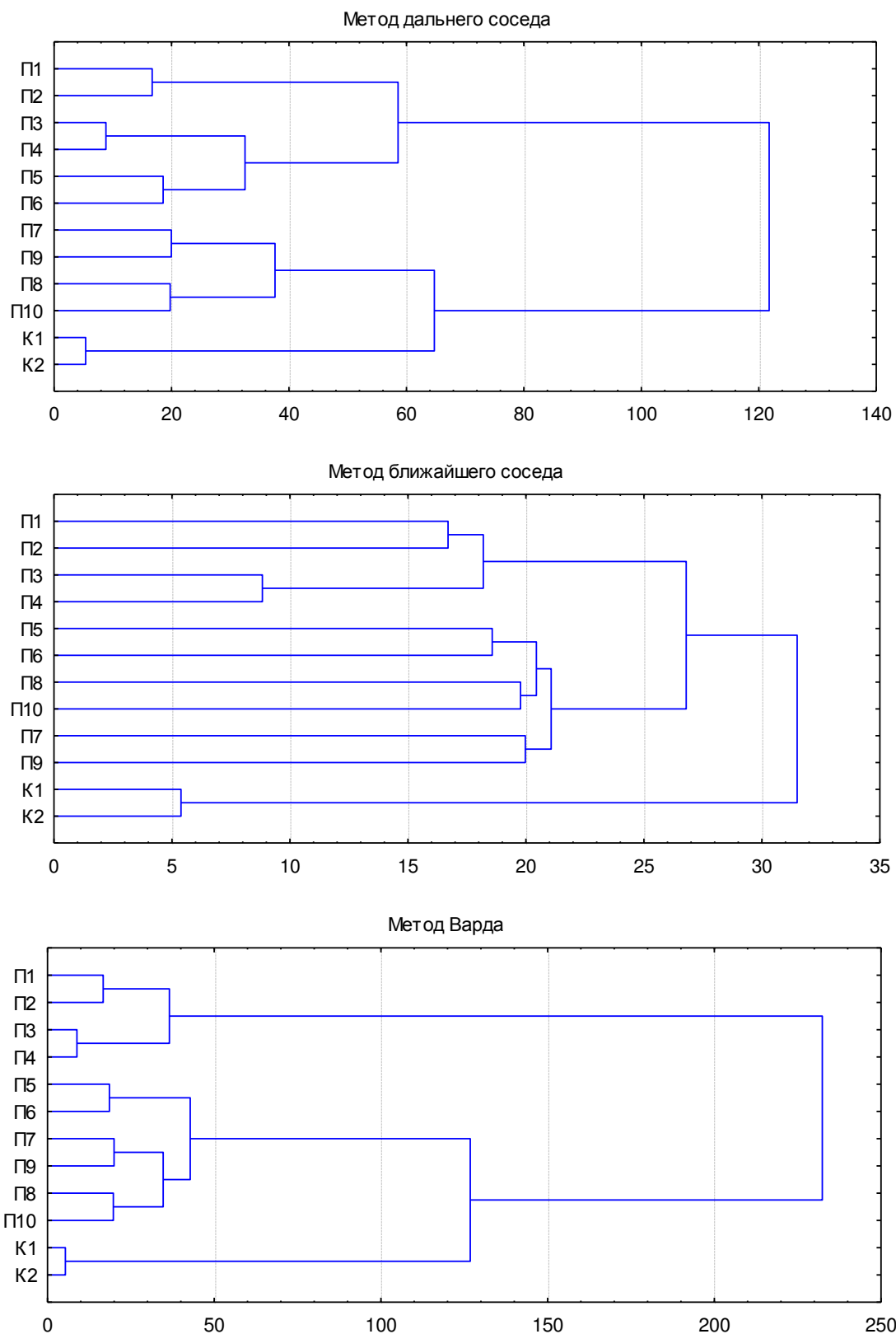
1. На объекте эксплуатации ракетной техники сохранилось остаточное загрязнение. Это загрязнение проявляется в фитотоксичности грунта, выявляемой методом биотестирования на кресс-салате, в снижении морфометрических показателей *P. silvestris*, а также в повышенной хлоротизации и некротизации хвои *P. silvestris* в сравнении с контрольными площадками.

2. При проведении биотестирования всхожесть тест-культуры положительно коррелирует с морфометрическими показателями сосны (коэффициенты корреляции от 0,891 до 0,959) и отрицательно коррелирует с показателями некроза и хлороза (коэффициенты корреляции соответственно -0,949 и -0,961). Для энергии прорастания подобные корреляции отсутствуют. Таким образом, при оценке экологического состояния на объектах эксплуатации ракетной техники методом биотестирования следует ориентироваться не на энергию прорастания, а на всхожесть тест-культуры.

3. По уровню остаточного загрязнения участки на объекте располагаются в следующем порядке (в порядке убывания загрязнения): место хранения ракетного топлива (максимальное загрязнение - пробные площадки 1-2), место заправки ракет,



станция очистки стоков, станция нейтрализации, сооружения для хранения агрегатов заправочного оборудования (минимальное загрязнение пробные площадки 3-10).



**Рис. 4.** – Кластеризация пробных площадок по комплексу показателей, представленных в таблице 4 (использовано Евклидово расстояние) [Clustering of test plots by the set of indicators presented in Table 4 (used Euclidean distance)]

4. С учётом возможной миграции НДМГ, следует провести химический мониторинг прилегающих территорий и реки Кача.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зрелов, В. и др. Жидкие ракетные топлива [Текст] / В. Зрелов, Е. Серегин. М. : Химия, 1975. – 320 с.
2. Занозина, В.Ф. и др. Независимый экологический мониторинг состояния окружающей природной среды вокруг центра ликвидации межконтинентальных баллистических ракет [Текст] / В.Ф. Занозина, М.В. Хмелева, Л.Е. Самсонова и др. // Экологические проблемы промышленных городов. Сборник научных трудов по материалам 6-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ч. 1. Саратов, 2013. – С. 192–194.
3. Ермаков, Е.И. и др. Влияние несимметричного диметилгидразина на состояние почвенно-растительной системы [Текст] / Е.И. Ермаков, Г.Г. Попова, З.М. Петрова // Экологические аспекты воздействия компонентов жидких ракетных топлив на окружающую среду. Мат. научно-практич. конф. – СПб.: РНЦ Прикладная химия, 1996. – С. 15–19.
4. Справочник по токсикологии и гигиеническим нормативам (ПДК) потенциально опасных химических веществ [Текст] / под ред. канд. мед. наук Кушневой В.С. и канд. мед.наук Горшковой Р.Б. – М.: ИздАт, 1999. – 272 с.
5. Седова, Г.И. и др. К вопросу о стабильности НДМГ в подзолистой супесчаной почве [Текст] / Г.И. Седова, И.В. Коваленко // Бюллетень токсикологии, гигиены и профпатологии ракетных топлив. – 1976. – №23. – С. 163.
6. Бушмарин, А.Б. и др. Комплексная экологическая оценка районов падения отделяющихся частей ракет-носителей на полигоне «Плесецк» [Текст] / А. Б. Бушмарин, Б. М. Ласкин, В. Г. Пимкин. и др. // Материалы научн. практ. конф. «Экологические аспекты воздействия компонентов жидких ракетных топлив на окружающую среду». – СПб.: РНЦ «Прикладная химия», 1996. – С. 5–8.
7. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1984. – С. 6–8.
8. Ковылина, О.П. и др. Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в зоне техногенного загрязнения [Текст] / О.П. Ковылина, И.А. Зарубина, А.Н. Ковылин // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – №3. – С. 284–289.
9. Павлов, И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения [Текст] / И.Н. Павлов : монография. – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. – 370 с.
10. Судацкова, Н.Е. и др. Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н.Е. Судацкова, И.В. Шеин, Л.И. Романова и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение РАН, 1997. – С. 129–134.
11. Фуксман, И.Л. и др. Физиолого-биохимическая индикация состояния сосны обыкновенной в связи с воздействием промышленных поллютантов [Текст] / И.Л. Фуксман, Я. Пойкалайнен, С.М. Шредерс и др. // Экология. – 1997. – №3. – С. 213–217.
12. Шумейко, П. и др. Влияние атмосферного загрязнения на корреляционные связи между биохимическими показателями деревьев на примере сосны обыкновенной [Текст] / П. Шумейко, В. Осипов // Успехи современной биологии. – 1992. – Т. 113. – Вып. 4. – С. 507–511.
13. Буйволов, Ю. и др. «Методика оценки жизненного состояния леса по сосне» [Текст] / Ю. Буйволов, А. Боголюбов. - М.: «Экосистема», 1998.
14. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1984. С. 5–7.
15. Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forests (методика ЕЭК ООН) [Текст]. – М., 1995. – 42 с.
16. Халафян, А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных [Текст] / А.А. Халафян. – М.: Бинном-Пресс, 2007. – 512 с.

## REFERENCES

1. Zrelov V. Seregin E. Zhidkie raketnye topliva [Liquid Rocket Propellants]. M. Pub. Khimiya [Chemistry], 1975, 320 p. (in Russian)
2. Zanozina V.F., Hmeleva M.V., Samsonova L.E., Zorin A.D., Goryacheva N.M., Markova M.L., Gareev D.R. Nezavisimiy ekologicheskii monitoring sostoiianiia okruzhaiushchei prirodnoi sredy

- vokrug tcentra likvidatsii mezhkontinentalnykh ballisticheskikh raket [Independent Environmental Monitoring of the Environment around Center for the Elimination of Intercontinental Ballistic Missiles]. *Ekologicheskie problemy promyshlennykh gorodov. Sbornik nauchnykh trudov po materialam 6-y Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Ecological problems of industrial cities. Collection of scientific papers on the materials of the 6th All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation.], Part. 1. Saratov, 2013, pp. 192–194. (in Russian)
3. Ermakov E.I., Popova G.G., Petrova Z.M. Vliyanie nesimmetrichnogo dimetilgidrazina na sostoyanie pochvenno-rastitelnoj sistemy [Influence of Unsymmetrical Dimethylhydrazine on the Soil-Plant System State]. *Ekologicheskie aspekty vozdejstviya komponentov zhidkih raketnykh topliv na okruzhayushchuyu sredu. mat. nauchno-praktich. konf. s-pb.: rnc prikladnaya khimiya* [Ecological Aspects of the Effect of Liquid Rocket Fuel Components on the Environment. Materials of the scientific-practical conference.], 1996, pp. 15–19. (in Russian)
  4. Kushneva V.S, Gorshkova R.B. Spravochnik po toksikologii i gigenicheskim normativam (PDK) potencial'no opasnykh himicheskikh veshchestv [Handbook of Toxicology and Hygienic Standards (Mac) of Potentially Hazardous Chemicals]. M. Pub. IzdAt, 1999, 272 p. (in Russian)
  5. Sedova G.I., Kovalenko I.V. K voprosu o stabilnosti NDMG v podzolistoi supeschanoi pochve [The Stability of UDMH in Podzolic Sandy Loam Soil]. *Byulleten toksikologii, gigeny i profpatologii raketnykh topliv* [Bulletin of Toxicology, Hygiene and Occupational Pathology of Missile Fuels]. 1976, №23, p. 163 (in Russian)
  6. Bushmarin A.B., Laskin B.M., Pimkin V.G., Solovjev V.V., Careva O.A. Kompleksnaia ekologicheskaya otsenka raionov padeniia otdel'nykh chastei raket-nositelei na poligone «Plesetsk» [Integrated Environmental Assessment of Areas Separating from Parts of Rockets at the site "Plesetsk"]. *Materialy nauchn. prakt. konf. «EHkologicheskie aspekty vozdejstviya komponentov zhidkih raketnykh topliv na okruzhayushchuyu sredu».* Sankt-Peterburg. Pub. «Prikladnaya khimiya», 1996, pp. 5–8. (in Russian)
  7. GOST 17.4.4.02-84. Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya himicheskogo, bakteriologicheskogo, gelmintologicheskogo analiza [State Standard 17.4.4.02-84. Protection of Nature. Soil. Methods of Selection and Preparation of Samples for Chemical, Bacteriological, Helminthological Analysis]. M. Pub. "Izdatelstvo standartov", 1984, pp. 6–8. (in Russian)
  8. Kovylin O.P., Zarubina I.A., Kovylin A.N. Otsenka zhiznennogo sostoyaniya sosny obyknovennoy v zone tekhnogennogo zagryazneniya [Assessment of the Vital State of Scots Pine in the Technogenic Pollution Zone]. *Khvoynye borealnoy zony* [Coniferous Boreal Zone], 2008, №3, pp. 284–289. (in Russian)
  9. Pavlov I.N. Drevesnye rasteniya v usloviyakh tekhnogennogo zagryazneniya: monografiya [Woody Plants in Conditions of Technogenic Pollution]. Ulan-Ude, 2005, 370 p. (in Russian)
  10. Sudachkova N.E., Shein I.V., Romanova L.I. Biokhimicheskie indikatorы stressovogo sostoyaniya drevesnykh rasteniy [Biochemical Indicators of the Stress State of Woody Plants]. Novosibirsk. Pub. Nauka [Science], 1997, pp. 129–134. (in Russian)
  11. Fuksman I.L., Poykalaynen Ya., Shreders S.M. etc. Fiziologo-biokhimicheskaya indikatsiya sostoyaniya sosny obyknovennoy v svyazi s vozdeystviem promyshlennykh pollyutantov [Physiological and Biochemical Indication of the Condition of Scots Pine in Connection with the Effect of Industrial Pollutants]. *Ekologiya* [Ecology], 1997, №3, pp. 213–217. (in Russian)
  12. Shumeyko P., Osipov V. Vliyanie atmosfernogo zagryazneniya na korrelyatsionnye svyazi mezhdru biokhimicheskimi pokazatelyami derev'ev na primere sosny obyknovennoy [перевод]. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Influence of Atmospheric Pollution on the Correlation between Biochemical Indicators of Trees on the Example of Scots Pine], 1992, Vol. 113, Issue 4, pp. 507–511. (in Russian)
  13. Buyvolov Yu. Bogolyubov A. Metodika otsenki zhiznennogo sostoyaniya lesa po sosne [Methods of Assessing the Forest Vital State by Pine"], M. Pub. «Ekosistema», 1998. (in Russian)
  14. GOST 12038-84 Semena sel'skohozyajstvennykh kultur. Metody opredeleniya vskhozhesti [State Standard 12038-84. Seeds of Agricultural Crops. Methods for Determination of Germination]. M. Pub. «Izdatelstvo standartov», 1984, pp. 5–7. (in Russian)
  15. Metodika organizatsii i provedeniya rabot po monitoringu lesov evropeyskoy chasti Rossii po programme ICP-Forests (metodika EEK OON) [Methods of Organizing and Working on Monitoring Forests in the European part of Russia under the ICP-Forests Program], M., 1995, 42 p. (in Russian)
  16. Khalafyan, A.A. Statistika 6. Statisticheskiy analiz dannykh [Statistika 6. Statistical Analysis of Data]. M. Pub. Binom-Press, 2007, 512 p. (in Russian)

## Definition of Soil Pollution by Missile Fuel with the Help of Test-objects

**M.E. Baranov**

*Reshetnev Siberian State University of Science and Technologies  
31, Krasnoyarsky Rabochny Av., Krasnoyarsk, Russia, 660037  
e-mail: me\_baranov@mail.ru*

**Abstract** – Nowadays there are many ways to determine the chemical contamination of the soil. The most common and universal method is considered to be biotesting. The use of different methods of biotesting makes it possible to obtain fairly accurate results.

The object of the study was the soil cover on the object of missile operation. An unfavorable environmental situation which was reflected in the preservation of a high level of phytotoxicity took place in Emelyanovsky district, Krasnoyarsk territory after the liquidation of the military unit due to the hit in the soil of a large number of components of rocket fuel (KRT). Today the territory of the military unit is unattended, special structures are destroyed. There are visible oily stains on the soil, there is a specific smell. According to testimony from military chemical reconnaissance device (VPHR) the presence in the soil KRT 0.001 mg/l, which corresponds to the level of "Danger" was established. In this regard, it is necessary to monitor the chemically contaminated soil, identify environmentally unfavorable zones, assess the possibility of soil use in forestry. For the experiment we selected 10 samples from different sites located at a certain distance from each other and covering the area close to technical facilities, as well as two control samples in the removal of three and five kilometers from the object of study.

The objective of the study is to identify soil pollution, to assess the impact of KRT on biological objects. In this regard it is necessary to determine the effect of chemical contamination on the test objects: pine ordinary *Pinus sylvestris* L. and cress lettuce *Lepidium sativum* L. conduct statistical processing of the experimental data to minimize the area to be recultivated.

*Keywords:* soil, chemical pollution, rocket fuel, biotesting.