

**Биоиндикация как метод биологического мониторинга
в районе расположения объекта по уничтожению
химического оружия в г. Щучье**

© 2013. О. М. Плотникова, д.б.н, зам. руководителя, М. А. Григорович, к.б.н.,
зав. лабораторией, С. Ю. Максимовских, к.с.-х.н., зав. лабораторией,
Б. И. Кудрин, к.м.н., с.н.с., А. Н. Евдокимов, н.с.,
Региональный центр по обеспечению государственного экологического контроля
и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия
по Курганской области,
e-mail: kurgan-rc@yandex.ru

В районе объекта по уничтожению химического оружия в г. Щучье в 2008-2012 гг. по программе биологического мониторинга растительного мира проводились исследования агробиоценозов, а в рамках мониторинга животного мира – исследования состояния мышевидных грызунов. Выявленные тенденции в изменении показателей крови полевых мышей – содержание эритроцитов, лейкоцитов, нейтрофилов и лимфоцитов, а также общего белка, холестерина, мочевины и ферментативной активности холинэстеразы предполагают необходимость дальнейшего мониторинга состояния мелких грызунов на стационарных площадках в зоне защитных мероприятий.

In 2008-2012 in the area of the chemical weapons decommission plant in Shchuch'ye within the framework of biological floral monitoring agrobiocenoses were researched, and within the framework of biological animal monitoring the state of rodents was researched. There were identified change trends in levels of field mice blood – in the content of red blood cells, white blood cells, neutrophils, and lymphocytes, as well as of total protein, cholesterol, urea and cholinesterase enzyme activity which suggests the need for further monitoring of small rodents at the fixed sites of protective measures.

Ключевые слова: биологический мониторинг, агробиоценозы,
полевые мыши, показатели крови

Keywords: biological monitoring, agrobiocenosis, field mice, blood parameters

Биологический мониторинг проводится в соответствии с Федеральными законами «Об уничтожении химического оружия» и «Об охране окружающей среды», Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации», положением «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды» в дополнение к химико-аналитическим исследованиям и является составной частью экологического мониторинга компонентов окружающей среды в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) объекта по уничтожению химического оружия (УХО).

В Щучанском районе Курганской области с мая 2009 г. работает объект по УХО. Известно, что продуктами деструкции фосфорорганических отравляющих веществ являются достаточно устойчивые к разложению метилфосфонаты и метилфосфоновая кислота (МФК), которые в силу своего строения могут

быть посредниками свободно-радикальных процессов, влияя на работу антиоксидантной системы (АОС) живых организмов как растений, так и животных.

В Региональном центре по обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия (РЦ СГЭ-КиМ) по Курганской области биологический мониторинг выполняется ежегодно методами биоиндикации и биотестирования в соответствии с программами (порядками) проведения мониторинга растительного и животного мира в районе расположения объекта по УХО в г. Щучье. Лаборатории биомониторинга и экотоксикологии РЦ СГЭКиМ имеют аттестаты аккредитации, а также достаточное количество аттестованных методик для проведения исследований методами биоиндикации и биотестирования.

В 2008–2012 гг. в рамках биологического мониторинга проводились исследования рас-

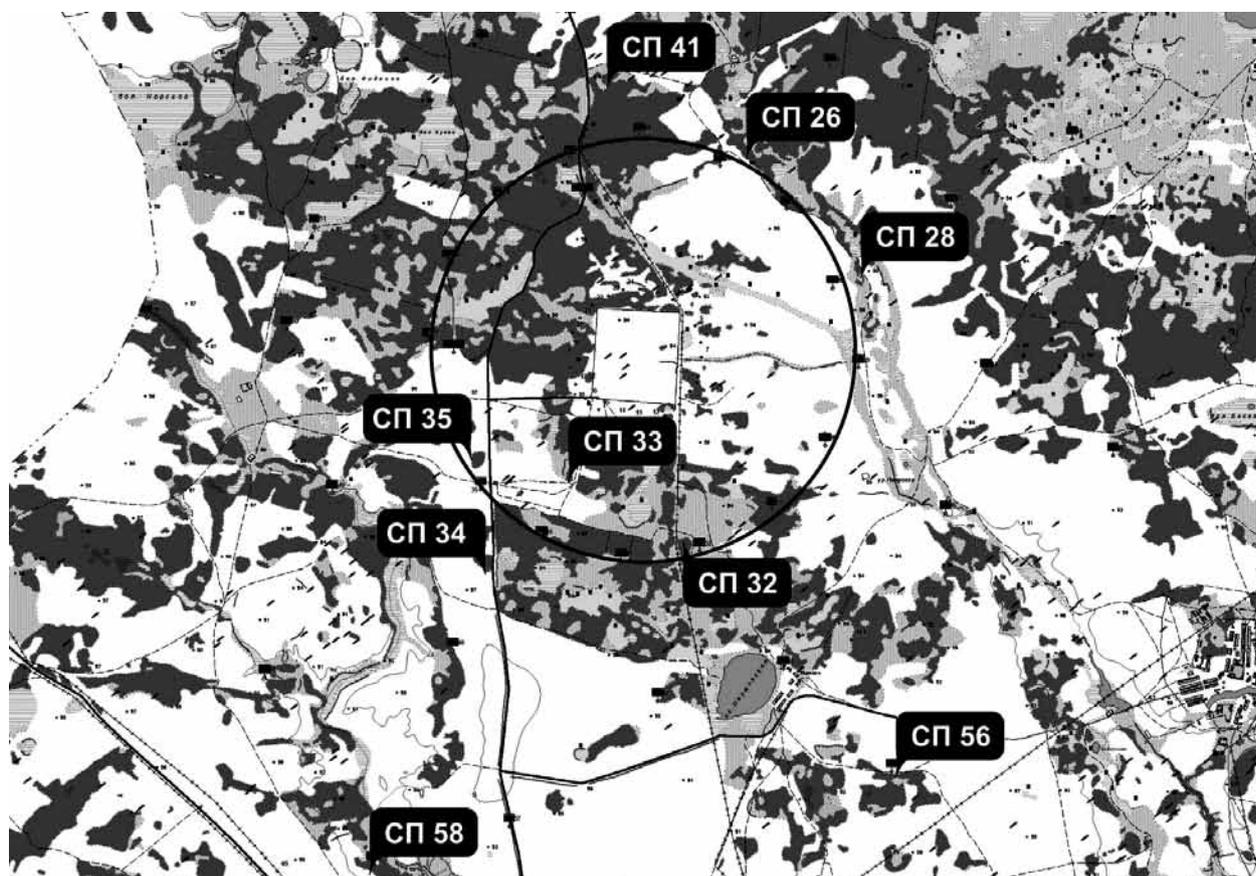


Рис. 1. Схема расположения постоянных стационарных площадок в СЗЗ и ЗЗМ объекта по уничтожению химического оружия в Щучанском районе

тительного мира, в том числе агробиоценозов и животного мира, в том числе – состояния мышевидных грызунов.

Целью исследований было определение показателей продуктивности основной сельскохозяйственной культуры, гематологических и биохимических показателей индикаторных мелких млекопитающих в СЗЗ и ЗЗМ для их дальнейшего использования в ретроспективном анализе результатов биомониторинга.

Объектами исследования в зоне защитных мероприятий были выбраны яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum*, сорт Омская-36) и индикаторный вид мелких грызунов – полёвка обыкновенная (*Microtus arvalis* Pall.), составляющая 75-80%. Содомиантными видами являются мышь полевая (*Apodemus agravius*) и домовая (*Mus musculus*).

При оценке экологического состояния злаков использовали семенную продуктивность (количество колосьев и зёрен с 1 м², количество зёрен на растение, масса 1000 семян). Оценку состояния мышевидных грызунов проводили по гематологическим (количество эритроцитов и лейкоцитов, лейкоцитар-

ная формула крови) и биохимическим (общий белок, холестерин, мочевины, активность холинэстеразы) показателям.

Отлов мелких грызунов проводили методом ловчих канавок [1] в летнее время вокруг объекта УХО на восьми стационарных площадках (СП) (рис. 1) и на одной контрольной СП вне ЗЗМ, где полностью исключено влияние объекта УХО. Точки наблюдений за культурой пшеницы *Triticum aestivum* совпадали с точками исследований мелких грызунов.

Результаты обрабатывали общепринятыми статистическими методами и выражали в виде $M \pm \sigma$ (где M – среднее арифметическое значение, σ – стандартное отклонение); о достоверности различий величин судили по критерию Стьюдента (t) при $p < 0,05$ [2].

Для определения продуктивности злаковых культур использовали общепринятые методики. Сравнение показателей биологической продуктивности агробиоценозов в ЗЗМ в 2010–2012 гг. представлены в таблице 1.

На продуктивности исследованных сельскохозяйственных культур заметно отразились гидротермические условия вегетационного периода 2010 г., который можно охарактер-

ризовать как очень засушливый. При недостатке влаги формировалось щуплое зерно, о чём говорит низкий показатель массы 1000 семян – 24,1-29,1 г; продуктивность составила 176,4-190,1 г/м. Математическая достоверная разница получена для показателя «масса 1000 семян», наибольшее значение которого на СП-34 и СП-56. В благоприятных условиях вегетационного периода 2011 г. по сравнению с 2010 г. все перечисленные показатели возрасли. Так, количество зёрен с 1 м² увеличилось от 18 до 67%, а масса 1000 зёрен – от 35 до 72% (СП-56 и СП-33 соответственно), количество зёрен на 1 растение возросло от 1,2 до 3,7 раза (СП-34 и СП-33 соответственно). Самые низкие показатели урожайности получены в 2012 г., так как длительная засуха 2012 г. заметно сказалась на продуктивности пшеницы. Количественные характеристики стационарных площадок сильно варьировали от 1520 (СП-26) до 5489 (СП-28) зёрен на 1 м², хотя показатели массы 1000 семян по двум точкам мало отличались от показателей

2011 года. Засуха повлияла на количество зёрен в растении: было получено от 6,3 (СП-26) до 25,5 (СП-28) зёрен на растение.

Таким образом, существенные колебания продуктивности агробиоценозов в первую очередь связаны с гидротермическими режимами вегетационных периодов. Недостаток влаги при высоких температурах снижает показатели урожайности сельскохозяйственной культуры. Результаты исследований агробиоценозов не выявили негативного влияния объекта УХО.

Наблюдения за мелкими грызунами в СЗЗ и ЗЗМ показали, что эффективность отлова грызунов на СП ЗЗМ в сезоне 2012 г. была ниже, чем в 2008 и 2009 гг., и оставалась на уровне 2010 и 2011 гг. Для определения гематологических и биохимических показателей в лаборатории экотоксикологии использовали аттестованные методики: «Методику определения гематологических показателей в крови теплокровных животных микроскопическим методом», предназначенную для подсчёта

Таблица 1

Сравнительные показатели продуктивности пшеницы на стационарных точках в 2010–2012 гг.

Показатель по годам	Годы	СП-26	СП-28	СП-33	СП-34	СП-35	СП-56
Количество зёрен с 1 м ² , шт.	2010	н/д	н/д	7327	6532	6342	5240
	2011	11594	11132	8632	9104	10320	8803
	2012	1520	5489	н/д	н/д	н/д	4021
Масса 1000 зёрен, г	2010	н/д	н/д	24,1	29,1	24,2	29,02
	2011	40,7	39,9	41,4	39,0	35,1	39,4
	2012	28,6	39,9	н/д	н/д	н/д	40,0
Количество зёрен на растение, шт.	2010	н/д	н/д	12,7	27,7	22,3	10,6
	2011	44,8	48,4	47,7	32,9	26,8	26,2
	2012	6,3	25,5	н/д	н/д	н/д	19,3

Примечание: н/д – нет данных, так как поле паровалось, СП – стационарные площадки.

Таблица 2

Гематологические показатели мышей вида *Microtus arvalis* Pall., отловленных за 2008–2012 гг. на контрольной и на опытных СП ЗЗМ объекта УХО в Щучанском районе

Год, число мышей	Статистический показатель	Эритроциты, млн/мкл	Лейкоциты, тыс/мкл	Нейтрофилы, тыс/мкл	Лимфоциты, тыс/мкл
2008 (контроль) n=34	М	7,74	7,56	1,53	5,81
	σ	1,81	1,17	1,17	4,08
2009, n=16	М	7,99	6,69	1,65	4,84
	σ	2,16	1,44	1,04	1,36
2010, n=10	М	8,04	7,20	1,39	4,96
	σ	3,25	1,30	0,69	2,18
2011, n=8	М	7,94	3,50*	0,54*	2,91*
	σ	1,50	1,41	0,54	1,13
2012, n=5	М	7,17	2,10*	0,14*	1,95*
	σ	3,05	1,41	0,09	1,34

Примечание. * - достоверные отличия по t-критерию Стьюдента при p<0,05; М – среднее значение, σ – стандартное отклонение.

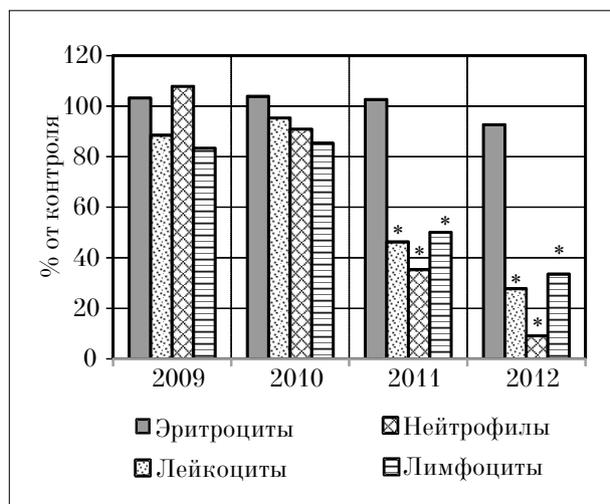


Рис. 2. Изменения гематологических показателей крови грызунов вида *Microtus arvalis*, отловленных на СП ЗЗМ в 2009-2012 гг.

(в % относительно контроля 2008 г.):
* – отмечены достоверные отличия при $p < 0,05$.

количества эритроцитов и лейкоцитов в камере Горяева и различных форм лейкоцитов при микроскопировании окрашенного мазка крови, и «Методику выполнения измерений биохимических показателей в плазме (сыворотке) крови мелких теплокровных животных фотометрическим методом» (свидетельства об аттестации № 224.11.17.025/2010 и № 224.11.03.052/2009 соответственно).

Исследования периферической крови были проведены у всех пойманных животных за 2008–2012 гг., результаты представлены в таблице 2.

Статистический анализ не показал достоверности отличия количества эритроцитов в крови мышевидных грызунов между исследованными группами разных лет. Повидимому, некоторые отличия по содержанию эритроцитов являются следствием случайных колебаний и могут происходить в связи с природными колебаниями параметров окружающей среды. В целом общее число эритроцитов в крови животных за весь период наблюдений находилось в установленных для мышевидных грызунов норм [3].

При исследовании белой крови было выявлено, что различия в уровне лейкоцитов у мышей отлова двух последних лет (2011 и 2012 гг.) увеличились и стали достоверными при сравнении с 2008–2010 гг. Среднее содержание лейкоцитов в крови животных за 2011–2012 гг. вышло за пределы границ нормальных колебаний этого показателя, известных в литературе, и составило 28-46% от контрольных значений

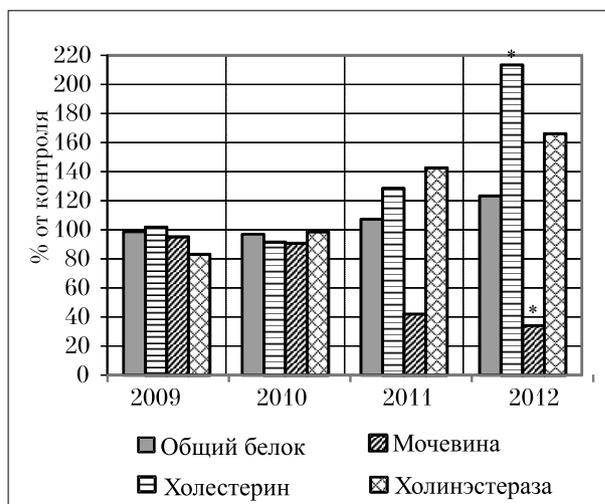


Рис. 3. Изменения биохимических показателей крови грызунов вида *Microtus arvalis*, отловленных на СП ЗЗМ в 2009-2012 гг.

(в % относительно контроля 2008 г.):
* – отмечены достоверные отличия при $p < 0,05$.

2008 г. В основе такого изменения может быть воздействие на популяцию мышевидных грызунов какого-либо неблагоприятного фактора или группы факторов.

В лейкоцитарной формуле были отмечены достоверные отличия разных форм лейкоцитов, особенно снижение основных лейкоцитарных фракций – нейтрофилов и лимфоцитов, осуществляющих клеточный и гуморальный иммунитет (рис. 2). Результаты изменений в содержании общего белка, холестерина, мочевины, активности холинэстеразы в плазме крови мышевидных грызунов вида полёвка обыкновенная из ЗЗМ объекта УХО, отловленных в 2008–2012 гг., приведены на рисунке 3.

Для особей *Microtus arvalis* контрольной группы (2008 г.) были характерны следующие значения биохимических показателей крови ($M \pm \sigma$): общий белок – $44,3 \pm 22,2$ г/л, холестерин – $1,38 \pm 0,94$ ммоль/л, мочевина – $12,0 \pm 7,1$ ммоль/л, холинэстераза – 2781 ± 2111 Е/л.

Сравнительный анализ биохимических показателей крови *Microtus arvalis*, отловленных на наблюдаемых стационарных площадках, показал, что большинство показателей в 2009–2012 гг. находилось в интервале значений контрольных групп. Исключение составило достоверное снижение содержания мочевины и повышение – холестерина. Изменение содержания общего белка не было выражено, а активность сывороточной холинэстеразы за этот период имела тенденцию к увеличению.

На основании имеющихся данных трудно сделать вывод о факторах, которые могут неблагоприятно воздействовать на популяцию мышевидных грызунов. Можно предположить, что это может происходить под влиянием как неблагоприятных погодно-климатических воздействий (например, засушливое лето привело к увеличению концентрации токсикантов в окружающей среде), так и под влиянием антропогенных факторов. Данные химико-аналитических исследований исключают возможность попадания в окружающую среду каких-либо продуктов распада фосфорорганических отравляющих веществ, в частности, фосфонатов. Однако такого рода вещества могут появиться вследствие распада некоторых гербицидов, в частности, гербицидов, произведённых на основе глифосата. Именно такими гербицидами обрабатывались поля сельскохозяйственного назначения в 2011–2012 гг. вокруг объекта уничтожения химического оружия.

Таким образом, полученные результаты показали, что выявленные тенденции в изменении содержания эритроцитов, лейкоцитов, нейтрофилов и лимфоцитов, а также общего белка, холестерина, мочевины и ферментативной активности холинэстеразы предполагают необходимость дальнейшего мониторинга состояния мелких грызунов на стационарных площадках ЗЗМ. Только дальнейшие наблюдения позволят ответить на вопрос, связаны ли эти изменения с естественными колебаниями метаболических процессов или имеет место влияние техногенного характера.

Литература

1. Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. М.: Советская наука, 1953. 502 с.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия. Высш. школа, 1973. 343 с.
3. Западнюк И.П., Западнюк В.И., Захария Е.А., Западнюк Б.В. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте. Киев, 1983. 383 с.