

6. Бертон Р. Чувства животных / пер. с англ. Е. М. Богомоловой, Ю. А. Курочкина ; под ред. и с предисл. К. В. Судакова. – М. : Мир, 1972. – 198 с.

7. Бинги В. Н. Магнитобиология: эксперименты и модели. – М. : Милта, 2002. – 592 с.

8. Учебно-исследовательская лаборатория электромагнитной экологии / Г. В. Ломаев, Н. В. Козловская, Ю. Б. Камалова, М. С. Емельянова, М. В. Якимов // 9-й Международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии : тр. симп., 13–16 сент. 2011 г. – СПб., 2011. – С. 600–605.

9. Аристархов В. М., Пизурия Л. А., Цыбышев В. П. Физико-химические основы первичных механизмов биологического действия магнитных полей // Реакции биологических систем на магнитные поля : сб. науч. тр. / под. ред. Ю. А. Холодова. – М. : Наука, 1978. – С. 41–48.

10. Леднев В. В. Биологические эффекты крайне слабых магнитных полей: идентификация первичных мишеней // Моделирование геофизических процессов : [сб. ст.] / Рос. акад. наук, Объед. ин-т физики Земли им. О. Ю. Шмидта ; [отв. ред. А. Я. Сидорин]. – М. : ОИФЗ, 2003. – С. 130–136. – URL: <http://uld.narod.ru/idea/Lednev2.html> (дата обращения: 19.05.2014).

G. V. Lomaev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
M. S. Yemelyanova, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Effects of variations in Earth's magnetic field on embryonic development of *G. gallus*

*A strong influence of the Earth's magnetic field variations on development of embryos *G. gallus* was found out for the first time. The procedure of the experiment, the results of morphological and hematological studies are described in details.*

Keywords: weakening of the magnetic field of the Earth, embryos *G. gallus*

Получено: 19.05.14

УДК 004.67+658.382.1

И. М. Янников, кандидат технических наук, доцент;

М. В. Телегина, кандидат технических наук, доцент;

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Н. Д. Смолина, руководитель

Региональный центр государственного экологического контроля и мониторинга в Удмуртской Республике

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассматриваются вопросы необходимости автоматизированного размещения пространственной сети экологического мониторинга потенциально опасных объектов. Проведено сравнение расположения постов государственного экологического мониторинга и результатов автоматизированной расстановки с учетом ландшафта и зон размещения, построена поверхность ошибок.

Ключевые слова: пространственная сеть, экологический мониторинг, интерполяция, репрезентативность

При реализации системы мониторинга потенциально опасных объектов обеспечение полноты и достоверности его результатов является одной из важнейших задач, зависящей от целого ряда факторов, к которым в первую очередь следует отнести размещение пунктов пространственной мониторинговой сети на местности.

Классическая система пробоотбора с точками отбора проб, расположенными по двадцати четырем румбам на окружностях различных радиусов, в центре которых расположен источник загрязнения, учитывает выброс веществ и их перемещение только воздушным путем. Это наиболее простой и логически понятный подход, у которого есть лишь один недостаток. Для того чтобы обеспечить требуемую информативность системы экологического мониторинга, количество пунктов должно быть весьма значительным. При этом затраты на проведение пробоотбора и анализов могут превысить реальные возможности проектируемой системы мониторинга, имея в виду как материальный, так и временной аспекты. Кроме того, при таком подходе априори

предполагается, что центр (максимум) загрязнения совпадает с источником загрязнения, то есть с самим объектом утилизации [1].

При проектировании сети экологического мониторинга выбор мест размещения участков исследований обуславливается требованиями наибольшей репрезентативности и статистической достоверности результатов наблюдений. Система должна быть экологически обоснованной и геодезически привязанной на местности. При этом должны быть учтены следующие требования [2]:

- репрезентативность или представительность системы пробоотбора, которая обеспечивается выбором участков исследований (пробных площадок) в типичных для обследуемой территории природных зонах;

- обязательный учет розы ветров, свойственной данной местности, высоты источников выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу и их характера, рельефа местности и результатов моделирования рассеивания ЗВ в компонентах природных сред;

– заданная плотность и регулярность системы пробоотбора должны обеспечивать возможность интерполяции результатов замеров и достоверного отображения изолиний уровней концентраций ЗВ по измеренным значениям.

При выборе участков исследования необходимо учитывать линии стока конкретного ландшафта и другие особенности рельефа местности. Для каждой пары участков (опытного и контрольного) оба должны находиться в одинаковых условиях по возможности накопления загрязняющих веществ в почве. Накопление загрязняющих веществ обычно происходит в понижениях рельефа (в речных поймах, нижних частях склонов долин, балках, лощинах) [3, 4].

К сожалению, корректный отбор проб почв, донных отложений и растительных материалов остается пока одной из важнейших проблем. Имеющиеся методики пробоотбора далеко не во всех случаях обеспечивают правильность определений [5]. Именно на стадии пробоотбора максимальная погрешность, которая зависит от числа проб и расположения их на местности, может достигать нескольких сотен процентов, что делает бессмысленным проведение дальнейшего анализа.

Несмотря на очевидную теоретическую доказанность учета местных условий при выборе мест размещения пунктов мониторинга, на практике в большинстве случаев участки исследования выбираются эмпирическим путем, без учета особенностей ланд-

шафта в сочетании с влиянием потенциально опасного объекта. Между тем размещение пунктов пространственной мониторинговой сети требует комплексного подхода, при этом должен быть учтен целый ряд факторов, таких как критерий равномерности размещения пунктов, особенности ландшафта, в частности, рельефа и типов растительности, состав почв, наличие антропогенных источников влияния [6]. Кроме того, необходимо учитывать особенности поведения загрязняющих веществ в природных объектах и разработку способов мониторинга с учетом этих особенностей [7, 8].

Данные заключения подтверждают сделанные нами в 2006 году по результатам экспериментальной серии выводы о большой подвижности мышьяка в почве и его способности к миграции с почвенными частицами по линиям стока в природном ландшафте [10]. Причем чем более выражен уклон, тем ярче проявляется сток загрязнителя по рельефу. При менее выраженном уклоне или при подъеме на первый план выходят другие зависимости – двухфазный эффект в системе почва – растение, мобилизация мышьяка из плодородного слоя почвы после снеготаяния или обильных дождей (рис. 1).

Нами экспериментально подтверждено, что по распределению содержания мышьяка в почве идентификационных экологических полигонов так же, как и в отношении растительного покрова, наблюдается двухфазный характер зависимости «доза – эффект» [9].

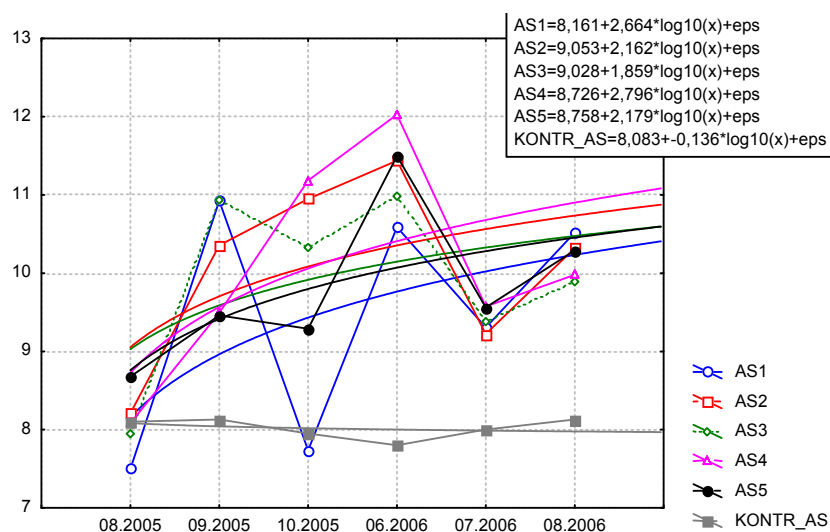


Рис. 1. Временная динамика валового содержания мышьяка (мг/кг) в верхних горизонтах почвы ЭП: AS1 – 1 ПДК, AS2 – 1,5 ПДК, AS3 – 2 ПДК, AS4 – 2,5 ПДК, AS5 – 3 ПДК, KONTR_AS – контрольная площадка

Поскольку именно на стадии пробоотбора наиболее высока вероятность ошибки, то создание автоматизированной системы расстановки пунктов мониторинга, учитывающей ландшафтные и иные особенности зоны влияния объекта, представляется весьма актуальной задачей.

В случае если пунктов намечается немного, эксперт вполне может расставить их на карте вручную. Однако для наиболее полного отражения экологической ситуации их может понадобиться довольно много даже на небольшой территории, не говоря уже

об обширных площадях зон влияния потенциально опасных объектов. Расстановка вручную – весьма трудоемкий и длительный процесс, эксперту сложно учесть все параметры и быть максимально объективным, поэтому и было предложено автоматизировать процесс размещения пространственной сети.

Для расстановки пунктов мониторинговой сети пространственно масштабных зон влияния потенциально опасных объектов группой авторов Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова разработана и протестирована

автоматизированная система размещения пунктов мониторинга на местности.

Для тестирования системы взята существующая сеть государственного экологического мониторинга объекта 1203 УХО в г. Камбарке Удмуртской Республики. Поскольку целью тестирования системы являлось не сопоставление данных мониторинга, а учет общих требований к размещению пунктов, корректнее в дальнейшем называть пункты государственного экологического мониторинга (ГЭМ) точками пробоотбора ГЭМ, а предлагаемой системы – точками пробоотбора автоматизированной расстановки. Тестирование проводилось с использованием программы автоматизированного размещения пунктов биомониторинга потенциально опасных объектов, имеющей Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ [12].

Для проведения тестирования на топографической карте Камбарского района Удмуртской Республики в зоне размещения объекта уничтожения химического оружия определен радиус построения зон исследований – 5 км. Кроме того, исходными данными были: координаты пунктов пространственной сети государственного экологического мониторинга (ГЭМ), результаты мониторинга в данных точках (октябрь 2006 года) в табличной форме и правила размещения пространственной сети. По исходным данным в геоинформационной системе (ГИС) Map-Info провели геокодирование пунктов (точек пробоотбора) пространственной сети ГЭМ (рис. 2). В табл. 1 представлены данные Регионального центра государственного экологического контроля и мониторинга по Удмуртской Республике автономного учреждения «Управление Минприроды Удмуртской Республики» [11].

Для создания карты непрерывного распределения параметров (содержания мышьяка в почве) на основе данных государственного экологического мониторинга (ГЭМ) построена интерполяция пространственного распределения мышьяка в почве по данным ГЭМ.

Таблица 1. Содержание мышьяка в почве по пунктам ГЭМ в зоне влияния 1203 объекта УХО в г. Камбарке (дата замера – это числа октября 2006 года)

Дата замера	Номер точки	Значение мг/см ³	Дата замера	Номер точки	Значение мг/см ³
20	10	1,2	30	16	10,1
20	22	11,7	30	18	10,2
20	46	9,8	30	19	10,2
20	47	14,6	30	35	10,7
20	59	10,2	30	36	9,6
20	61	9,2	30	38	6,4
20	68	1,2	30	40	6,7
20	75	11,6	30	42	0
20	76	0	30	43	9,1
20	84	9,3	30	44	8,6
1	15	11,9	30	48	9,8
1	17	10,4	30	49	1,0
1	20	109	30	50	10,2
8	41	1,0	30	51	9,9
8	53	1,0	30	52	14,6

Окончание табл. 1

Дата замера	Номер точки	Значение мг/см ³	Дата замера	Номер точки	Значение мг/см ³
9	39	0	30	55	8,3
9	45	10,8	30	56	6,7
9	54	77	30	57	11,9
9	71	1,1	30	58	1,1
9	73	11,7	30	60	7,5
14	23	0	30	62	10,4
14	24	9,0	30	64	8,1
14	25	10,8	30	66	8,3
14	26	0	30	67	8,8
14	27	9,4	30	77	8,0
14	28	14,8	30	83	9,0
14	29	8,7	31	65	9,6
14	30	9,3	23	33	11,7
14	31	0,9	23	34	9,9
14	32	9,4	23	63	9,8
22	1	9,2	23	69	10,4
22	2	8,8	23	70	9,1
22	4	8,1	23	78	9,0
22	5	9,8	23	79	9,6
22	8	8,4	23	82	6,1
22	9	8,0	22	74	8,6

Таблица 2. Содержание мышьяка в почве по расставленным пунктам

Номер точки	Значение мг/см ³	Наименование зоны	Номер точки	Значение мг/см ³	Наименование зоны
1	2,5	низменность	33	5,0	пригород
2	8,9	низменность	34	2,0	пригород
3	4,0	низменность	35	7,5	пригород
4	1,1	низменность	36	11,0	пригород
5	5,5	низменность	37	9,0	пригород
6	55	низменность	38	10,0	пригород
7	4,5	низменность	39	10,0	пригород
8	6,7	низменность	40	9,0	пригород
9	6,7	низменность	41	8,0	пригород
10	5,5	низменность	42	7,0	пригород
11	3,5	низменность	43	6,0	пригород
12	4,0	низменность	44	8,5	промзона
13	7,0	низменность	45	7,0	промзона
14	7,0	низменность	46	7,5	промзона
15	12,0	низменность	47	5,0	промзона
16	9,0	нас. пункт	48	14,6	промзона
17	90	нас. пункт	49	3,5	промзона
18	8,5	низменность	50	8,0	промзона
19	4,0	нас. пункт	51	10,0	промзона
20	6,8	низменность	52	10,0	промзона
21	9,0	нас. пункт	53	9,0	промзона
22	8,0	низменность	54	8,0	промзона
23	9,0	нас. пункт	55	14,5	промзона
24	8,0	низменность	56	7,5	промзона
25	7,6	низменность	57	8,0	низменность
26	0	пригород	58	9,0	низменность
27	0	пригород	59	9,8	низменность
28	1,0	пригород	60	8,0	низменность
29	4,0	пригород	61	10,0	низменность
30	2,0	пригород	62	10,0	нас. пункт
31	5,0	пригород	63	11,0	нас. пункт
32	6,0	пригород	64	8,0	с.-х. угодья

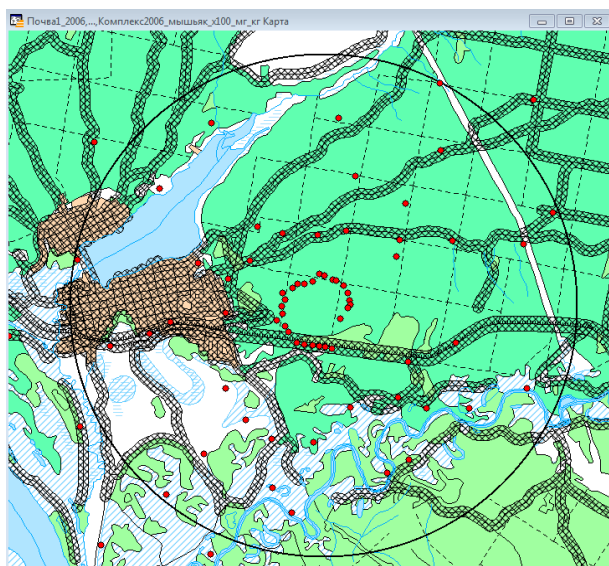


Рис. 2. Размещение точек пробоотбора пространственной сети ГЭМ

В соответствии с требованиями СНиП 2.07.01–89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» определены критерии автоматизированной расстановки точек пробоотбора (по румбам; с учетом розы ветров; на всю длину зоны влияния; шаг расстановки – в соответствии с зоной размещения). В радиусе 5 км вокруг объекта выделены зоны: жилая, промышленная, коммунально-складская, населенные пункты сельской местности, поля сельскохозяйственного назначения, ландшафтно-рекреационная территория, лесная зона, низменности. В соответствии с Правилами произведено построение буферных зон дорог, объектов и точек пробоотбора (рис. 4).

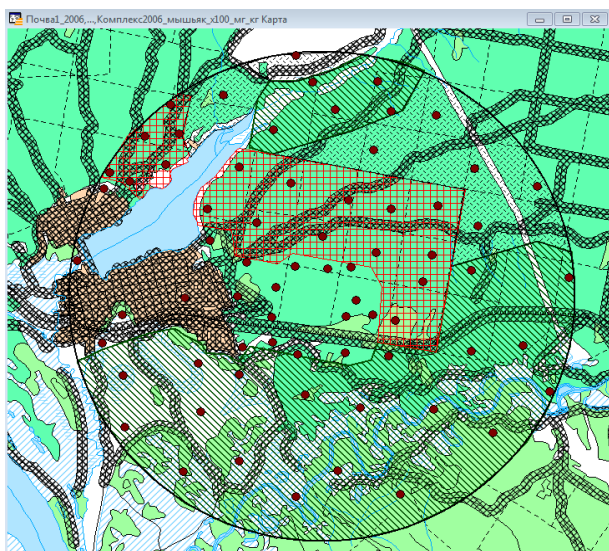


Рис. 4. Автоматизированное размещение точек пробоотбора

Используя данные мониторинговых исследований по точкам пробоотбора ГЭМ (табл. 1) и правила интерполяции, определяем количественные значения

содержания мышьяка в почве по местам размещения точек, расставленных автоматизированным способом в зоне влияния 1203 объекта УХО (табл. 2), и строим в ГИС MapInfo карту пространственного распределения мышьяка.

В целях оценки складывающейся обстановки и прогнозирования развития ситуации в зоне влияния объекта производится моделирование процесса распространения загрязняющих веществ. Для проведения сравнительного анализа системы обработки результатов мониторинга производится совместное размещение точек пробоотбора пространственной сети автоматизированной системы расстановки и государственного экологического мониторинга (рис. 6).

Разбили всю территорию на квадраты размером 1км×1км (второй вариант – 2км×2км) с тем, чтобы в каждый квадрат попало не менее двух точек (точек ГЭМ и точек автоматизированной расстановки), записали значения (точек ГЭМ и точек пробоотбора автоматизированной расстановки), попавшие в эти квадраты. При попадании в квадрат нескольких значений считали среднее.

Произведен подсчет разности значений в квадратах при различных способах расстановки. Модуль разности принят за ошибку. Совпадения точек не установлено, максимально близкое расстояние между точками – 30 м. По значениям ошибок для каждого квадрата построили цветовую поверхность ошибок с применением интерполяции.

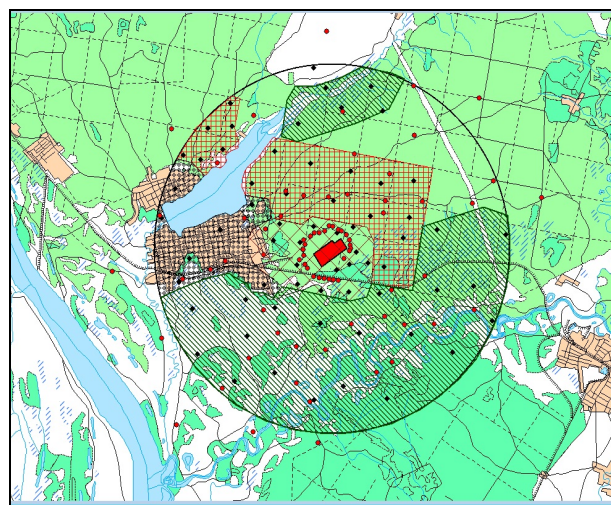


Рис. 6. Карта совместного размещения точек пробоотбора пространственной сети мониторинга в зоне влияния объекта 1203 УХО: красным цветом обозначены пункты ГЭМ, черным – автоматизированная расстановка

Таким образом, результаты тестирования подтвердили предполагаемые при теоретической обработке вопроса выводы об очевидной полезности представленной системы, позволяющей учитывать особенности ландшафта в зоне влияния потенциально опасного объекта, тем самым снижая вероятность ошибки и повышая достоверность результатов исследований.

Библиографические ссылки

1. Кургузкин М. Г., Корепанов М. А., Тенев В. А. Проектирование системы экологического мониторинга особо опасных промышленных объектов // Теорет. и приклад. экология. – 2010. – № 1. – С. 51–56.
2. Экологический мониторинг опасных производственных объектов: опыт создания и перспективы развития (на примере систем экологического контроля и мониторинга объектов по уничтожению химического оружия) : моногр. / В. П. Капашин [и др.] ; под общ. ред. В. Н. Чуписа. – М. : Науч. кн., 2010. – 526 с.
3. Русанов А. М., Милякова Е. А. Роль ландшафтной асимметрии в формировании почв и почвенного покрова Предуралья // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. – 2005. – № 4. – С. 108–113.
4. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А. В. Соколова. – М. : Наука, 1975. – 656 с.
5. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. – М. : Химия, 1996. – 319 с.
6. Отчет по научно-исследовательской работе «Обоснование и выбор схем пробоотбора почвы для создания системы производственного экологического мониторинга объекта 1284 уничтожения химического оружия в г. Камбарка Удмуртской Республики» / А. В. Толстых, Б. Н. Воронин, В. А. Алексеев и др. – Ижевск, 2005.
7. Анализ результатов экологического мониторинга в районе расположения объекта по уничтожению люизита в г. Камбарка Удмуртской Республики с учетом поведения загрязняющих веществ в почве / В. Г. Петров, М. А. Шу-

милова, Н. Д. Смолина и др. // Теорет. и приклад. экология. – 2013. – № 3. – С. 50–56.

8. Трансформация почвенно-растительного покрова под влиянием мышьяксодержащих соединений и возможность мониторинга / Т. Г. Габричидзе, И. М. Янников, Т. Л. Зубко и др. // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2006. – № 2. – С. 203–207.

9. Габричидзе Т. Г., Янников И. М., Зубко Т. Л. Изучение влияния мышьяксодержащих соединений и возможность организации прогнозирования чрезвычайных ситуаций на химически опасном объекте // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2007. – № 1. – С. 113–118.

10. Биомониторинг объектов по уничтожению химического оружия с использованием идентификационных экологических полигонов / И. М. Янников, М. В. Телегина, Н. В. Козловская и др. / под ред. В. А. Алексеева. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2013. – 160 с.

11. Отчет о результатах государственного экологического контроля и мониторинга окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий 1203 объекта УХО / А. Ю. Лешёв, Г. Г. Фризоргер, Н. Д. Смолина [и др.] ; РЦ СГЭКМ ОХ УХО УР. – Ижевск, 2006.

12. Алексеева А. А., Телегина М. В., Янников И. М., Алексеев В. А. Программа автоматизированного размещения пунктов биомониторинга потенциально опасных химических объектов : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009616570. Заявка № 2009615493, дата поступления 05.10.2009 г., зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 26.11.2009 г.

I. M. Yannikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
M. V. Telegina, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
N. D. Smolina, Head, Regional Center of State Environmental Control and Monitoring in the Udmurt Republic

To the question of increasing the reliability of pollution monitoring results in areas of influence of potentially dangerous objects

The paper describes the questions of necessity to organize the automated placement of a spatial network for environmental monitoring of potentially dangerous objects. A comparison is made for the location of state environmental monitoring stations and results of automated placement according to landscape and areas of location, and the surface of errors is developed.

Keywords: spatial network, environmental monitoring, interpolation, representativeness

Получено: 29.04.14