

УДК 57.042:574.24

Г. В. Ломаев, доктор технических наук, профессор;

М. С. Емельянова, аспирант

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ВЛИЯНИЕ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ *G. gallus*

*Впервые обнаружено сильное влияние вариаций магнитного поля Земли на развитие эмбрионов *G. gallus*. Детально описаны методика постановки эксперимента, результаты морфологического и гематологического исследований.*

**Ключевые слова:** гипогеомагнитное поле, эмбрионы *G. gallus*

### Введение

Появление современных технологий передачи информации, различных видов транспорта, дистанционного контроля и наблюдения привело к усугублению состояния окружающей среды по фактору «электромагнитного загрязнения». Термин «электромагнитный смог» (или «электромагнитное загрязнение») был введен Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в 1995 году, включившей эту проблему в перечень приоритетных для человечества.

Биологические эффекты электромагнитных полей (ЭМП) уже достаточно хорошо изучены на биосистемах разного уровня организации, хотя не всегда получается объяснить механизмы их воздействия.

Фактор отрицательного влияния ослабленного магнитного поля Земли изучался на различных биосистемах, в том числе на растениях, насекомых, крови человека и млекопитающих [1]. Выявлено нарушение в работе некоторых систем организма животных: иммунной, центрально-нервной, репродуктивной, эндокринной, системе крови [2].

Наиболее высокую магниточувствительность наряду с некоторыми другими животными (главным образом мигрирующими) демонстрируют медоносные пчелы [3], способные ориентироваться в пространстве благодаря естественному магнитному полю. Предполагается, что это обусловлено присутствием в тканях магнетита – вещества, обладающего упорядоченной структурой магнитных моментов, взаимодействие которого с внешними магнитными полями может каким-то образом регистрироваться нервной системой [4, 5].

Очевидную восприимчивость к магнитному полю Земли продемонстрировали, например, термиты. Установлено, что в термитнике насекомые располагаются поперек магнитных силовых линий. Если насекомых поместить в ослабленное магнитное поле (МП), то они тут же теряют свою способность ориентироваться в пространстве [6].

Мыши при длительном пребывании в гипогеомагнитном поле (ГГМП) выживают только до 4–12 месяцев. В первом поколении самки, скрещенные с самцами той же группы, приносят нормальное потомство. Уже во втором поколении отмечаются преждевременные выкидыши мышат и каннибализм. А к четвертому поколению воспроизводство мышей

прекращается. В раннем возрасте мыши становились вялыми и неактивными. Уже к шести месяцам большинство животных погибало. Когда провели тщательный гистологический анализ органов мышей и их кожи, то в разных частях тела были обнаружены раковые образования. Кроме того, было обнаружено опробкование волосяных фолликулов [7].

У растений, которые длительное время находились в среде без МП, нарушалась суточная ритмичность выделения органических веществ корнями по сравнению с такими же проростками, находящимися в геомагнитном поле. Если прорастающие семена хвойных пород помещали в ГГМП, то удлинялся период их пребывания в состоянии покоя, уменьшалась всхожесть семян, поглощение кислорода и содержание сухого вещества в среднем на 30 %.

В связи со всем вышесказанным целью данной работы является изучение влияния ГГМП на процессы жизнеобеспечения живого организма и установление допустимого уровня ослабления геомагнитного поля.

В качестве биологического объекта исследования было использовано инкубационное яйцо, произведенное в ООО «Птицефабрика „Вараксино“» от кур кросса «Ломан Браун Классик».

### Методика эксперимента

Однородное ослабленное магнитное поле создается одной парой квадратных катушек Гельмгольца (КГ) с малой площадью сечения витков ( $W = 50$ ), размер стороны квадрата 800 мм (рис. 1).

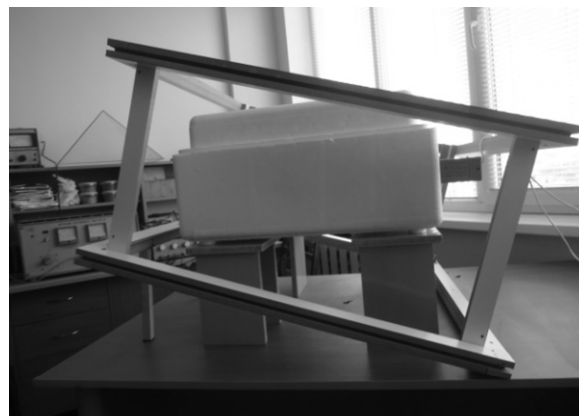


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки для магнитобиологических опытов с инкубатором

Согласно методике КГ расположена одной стороной в плоскости вектора поля Земли по направлению Север – Юг под углом  $73^\circ$ , что позволяет скомпенсировать вертикальную и горизонтальную составляющие вектора напряженности геомагнитного поля для создания «магнитного вакуума» внутри катушки [8]. Данная катушечная пара позволяет обеспечить создание МП большой однородности, обеспечение свободного доступа к инкубатору, статичной картины однородного МП, которая не зависит от перемещения яиц.

Для осуществления процесса инкубации используется бытовой инкубатор ИБ2НБ вместимостью 63 яйца, работающий по стандартному режиму. Некоторые детали инкубатора содержат ферромагнитные материалы, искажающие магнитное поле Земли. В комплектацию ИБ2НБ входят следующие электротехнические устройства: электронный терморегулятор с датчиком; электропривод, который обеспечивает одновременный поворот яиц; нагреватели распределенного типа (РЭН), закрепленные на крышке инкубатора. Данные устройства являются источниками переменных магнитных полей и включаются за время инкубации на несколько десятков часов.

Поворот яиц электроприводом осуществляется посредством сетки с ячейками (количество 63 шт., размер  $50 \times 63$  мм, диаметр проволоки 1,7 мм) под яйцо из малоуглеродистой стали. Стальной корпус электромотора также приводит к некоторому искажению магнитного поля Земли. Магнитные поля внутри катушки и инкубатора измерялись приборами ИГМП-3К (постоянное МП), РИЭМП-50 (переменное поле частотой 50 Гц).

В каждой серии экспериментов были контрольный и опытный инкубаторы. Контрольный находился в естественном магнитном поле Земли, опытный – в ГМП с различными уровнями ослабления.

Эмбриональное развитие птиц возможно лишь при определенных внешних условиях. Необходимы соответствующий обогрев яиц, достаточно влажный, чистый и насыщенный кислородом воздух окружающей среды, правильное положение и перемещение яиц во время инкубации. Комплекс всех этих факторов называют режимом инкубации. Контроль температуры и влажности осуществляли два раза в день посредством технического термометра (ТУ 25-2021.010-10 ТТМ) и метеостанции.

Поверхность скорлупы проверялась на целостность, гладкость, матовость, чистоту и однородность. Далее яйца выкладывали в ячейки решетки, прикрепленной к устройству электропривода, осуществляющего автоматический переворот яиц каждые четыре часа. Поворот яиц прекращали на 18-е сутки с начала инкубации.

По мере появления птенцам присваивались порядковые номера, совпадающие с номерами яиц, из которых они вылупились. После высухания оперения птенцов отсаживали от еще непророщенных яиц в сухой теплый короб под электрическую лампу дневного света.

В течение инкубационного периода в контрольные дни (на 7-е, 11-е, 18-е сутки) осуществлялись взвешивание яиц (регистрировалась потеря массы), их просвечивание на овоскопе (регистрировалась величина воздушной камеры, количество неоплодотворенных яиц), забор крови для проведения клинического анализа.

### Результаты эксперимента

На начальном этапе развитие эмбриона в яйце характеризовалось показателями, схожими с нормативными. Отличие заключалось в разнице потери массы яиц по периодам инкубации (рис. 2).

Отклонение потери массы яиц негативно сказывается на развитии эмбриона, в частности, на потреблении им веществ, необходимых для жизнедеятельности, из питательной среды яйца.

Учет продолжительности инкубационного периода и интенсивности вылупления молодняка имеет большое значение для оценки воздействия слабых МП на онтогенез зародыша. Чем интенсивнее наклев и вывод, тем лучше эмбрионы подготовлены к вылуплению. Растянутые во времени два этих фактора являются показателями нарушения эмбрионального развития вследствие воздействия негативных факторов. Начало наклева в опыте совпало с нормативными показателями. Однако последующие начало вывода, массовый вывод и окончание вывода были сильно растянуты во времени и характеризовались низким по отношению к среднему показателю выводимости яиц уровнем.

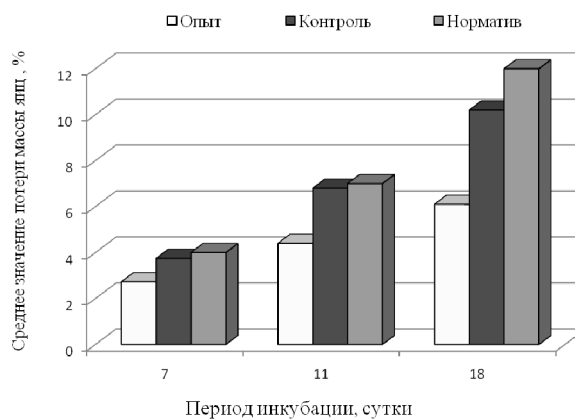


Рис. 2. Гистограмма средней потери массы яиц на 7-е, 11-е, 18-е сутки от начала инкубации

Ранее отмечалось, что в рабочем объеме инкубатора существует слабое переменное МП с частотой 50 Гц. Ярко выраженной зависимости между наклевом яиц и полем от нагревателя и электропривода не выявлено (коэффициент корреляции – 0,16, что говорит о практическом отсутствии линейной зависимости между двумя взятыми параметрами) (рис. 3).

Однако замечена некая особенность: все яйца с погибшими на ранних (от 9 до 11 суток) стадиях развития эмбрионами находились в переменном ЭМП со значениями, наименьшими из всех зафиксированных.

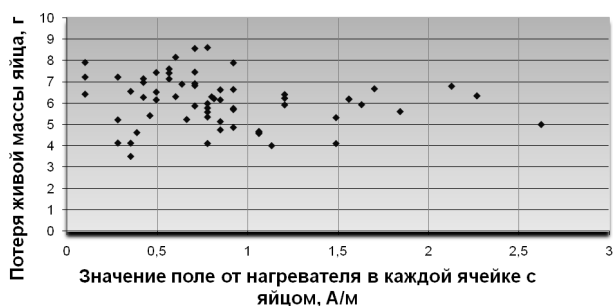


Рис. 3. График зависимости потери массы яйца от электромагнитного поля нагревателя

Гистограмма, изображенная на рис. 4, представляет собой частотное распределение МП в объеме инкубатора. По графику полиномиальной линии тренда можно сказать, что значение полей в ячейках инкубатора распределяется случайным образом (величина коэффициента аппроксимации 0,835 свидетельствует о хорошем совпадении кривой с данными).

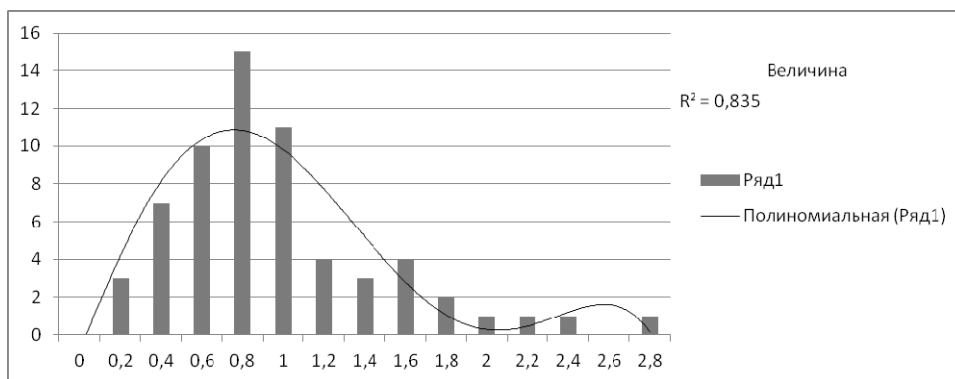


Рис. 4. Гистограмма частотного распределения полей по интервалам

Гематологическое исследование показало фактическое различие образцов крови опытных групп от контрольной по нескольким наименованиям, таким как лейкоциты, гранулоциты, тромбоциты, эритроциты и гемоглобин. Ошибка репрезентативности выборочной совокупности посчитана для средних значений и представлена в табл. 1. По ее значениям данную выборку можно считать достоверной. Таким образом, изменение в количественном составе данных клеточных агентов крови дает возможность предположить, что именно они выступают в роли первичных мишеней гипогеомагнитного воздействия.

**Клинический анализ крови эмбрионов на 18-е контрольные сутки инкубации**

Расшифровка наименования показателя крови	Показатель крови	Контроль (геомагнитное поле)	Опыт (ослабление в 4 раза относительно поля Земли)
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /L	WBC	66,1 ± 0,3	31
Лимфоциты, абс. Сод., 10 <sup>9</sup> /L	LYM	62,5 ± 0,3	30,9
Смесь моноцитов, базофилов, эозинофилов, абс. Сод., 10 <sup>9</sup> /L	MID	1,8 ± 0,1	0,1
Гранулоциты, абс. Сод., 10 <sup>9</sup> /L	GRA	1,9 ± 0,1	0
Лимфоциты, отн. сод., %	LYM, %	94,5 ± 0,6	99,70 %
Смесь моноцитов, базофилов, эозинофилов, отн. сод., %	MID, %	2,7 ± 0,1	0,30 %

Окончание таблицы

Расшифровка наименования показателя крови	Показатель крови	Контроль (геомагнитное поле)	Опыт (ослабление в 4 раза относительно поля Земли)
Гранулоциты, отн. сод., %	GRA, %	2,80 ± 0,1	0
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /L	RBC	3,26 ± 0,02	1,18
Гемоглобин, g/l	HGB	35 ± 0,7	8
Гематокрит, %	HCT	4,80 ± 0,05	3,40 %
Объем эритроцитов в мкм <sup>3</sup> , fl	MCV	184 ± 0,6	190,6
Ср. содер. Гемоглобина в отд. Эритроците в абс. ед., pg	MCH	134,6 ± 0,6	44,4
Ср. концентр. Гемоглобина в отд. Эритроците, g/l	MCHC	729 ± 13,7	235
«Ширина распределения эритроцитов», %	RDW	12,20 ± 0,3	7,50 %
Тромбоциты, ср. сод., 10 <sup>9</sup> /L	PLT	158 ± 4	28
Тромбоциты, ср. объем, fl	MPV	5,4 ± 0,3	5,4

Морфология внешнего вида опытных групп описывается такими особенностями, как эмбриональная липкость оперения, воспаление коленного сустава (рис. 5), отсутствие первичных инстинктов.



Рис. 5. Фото цыплят: опытная группа (фото слева) и контрольная (фото справа)

Количество проклюнувшихся цыплят в опытных инкубаторах значительно меньше, чем в контрольных (рис. 6).

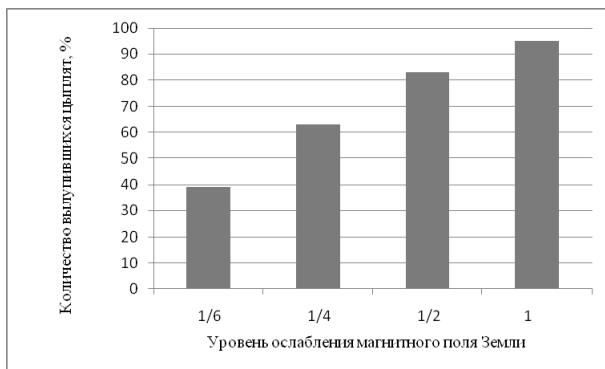


Рис. 6. Гистограмма количества вылупившихся цыплят в зависимости от ослабления геомагнитного поля

Также было проведено патолого-анатомическое исследование объектов, которое обнаружило увеличение размеров сердца, печени и селезенки в опытной группе относительно контрольной, а также воспаление печени, с серовато-белыми очажками некроза, переполнение желчного пузыря желчью, очаги некроза в сердце, легких, воспаление слизистой оболочки кишечника, недоразвитость фабрициевой сумки, перозис и воспаление суставной сумки.

#### Обсуждение результатов

Воздействие МП на биообъекты условно разделяют на три стадии: физическую, физико-химическую, биологическую. Физической основой первичного действия МП на живой организм является трансформация электромагнитной энергии поля в механическую энергию заряженных частиц. Влияя на движущиеся в теле электрически заряженные частицы, МП воздействует на физико-химические и биохимические процессы, изменяет течение окислительно-восстановительных и ферментативных реакций [9].

В проведенных нами экспериментах наиболее чувствительными к ГГМП оказались клеточные агенты крови. Изменения в их количественном составе могло привести к нарушению электролитного баланса, что, в свою очередь, вызывает атрофию мышц, снижение проводимости нервных импульсов, нарушение в обмене веществ организма и кислотности крови.

Морфометрический анализ органов эмбрионов и молодняка птицы показал их патологическое, отлич-

ное от референтных значений, развитие опытных групп как на ранних стадиях эмбрионального развития, так и при последующем онтогенезе.

Наличие сопутствующих техногенных полей не оказывает заметного влияния на биосистемы, существующая связь между развитием зародыша в яйце и полем в данной ячейке характеризуется обратной нелинейной зависимостью с низким значением корреляции. Переменное МП, генерируемое токопроводящими частями инкубатора, в пространстве распределено в непосредственной близости к плоскости нагревателя. По мере удаления от плоскости нагревателя (по вертикальной оси инкубатора) поле уменьшается от среднего значения 0,9 мкТл до 0,1 мкТл.

Утверждение о значимости постоянной магнитной компоненты для реализации эффекта слабых МП в условиях стимуляции роста клеток, выведенное доктором биологических наук, профессором В. В. Ледневым было подтверждено [10]. Выведенный им коэффициент стимуляции характеризуется отношением числа делений опытной и контрольной групп. Скомпенсированное геомагнитное поле приводит к смене знака коэффициента на противоположный, то есть проявляется угнетающее действие «магнитного вакуума» на онтогенез эмбриона в яйце. При сравнении режимов ЭМП в проведенных В. В. Ледневым опытах с описанными выше исследованиями, видно, что переменные МП инкубатора не способны проявить биорезонанс. Для получения эффекта ускорения динамики онтогенеза планируется доработать экспериментальную установку с целью генерации более сильного переменного МП. Отличительной особенностью проведенных и последующих опытов является частота с фиксированным значением (50 Гц). Обусловлено это тем, что в производственных условиях птицефабрик МП промышленной частоты проявляются как сильный экологический фактор, влияющий на онтогенез эмбриона.

#### Библиографические ссылки

1. Копанев В. И., Шакула А. В. Влияние гипогомагнитного поля на биологические объекты. – М. : Наука, 1995. – 73 с.
2. Походзей Л. В. Гипогомагнитные условия как неблагоприятный фактор производственной среды : дис. ... д-ра мед. наук / ГУ НИИ медицины труда РАМН. – М., 2004. – 190 с.
3. Биогенный магнетит и магниторецепция : новое о биомagnetизме : в 2 т. / под ред. Дж. Киршвинка и др. ; пер. с англ. под ред. В. А. Троицкой, Ю. А. Холодова. – М. : Мир, 1989. – Т. 1 / Х. А. Ловенстам, Д. Л. Киршвинк, С. К. Банерджи и др. – 352 с. – Т. 2 / Р. Б. Френкель, Дж. К. Папаэфтиму, Р. П. Блейкмор и др. – 518 с.
4. Shiff, H., Canal, G. The magnetic and electric fields induced by superparamagnetic magnetite in honeybees. Magnetoreception: an associative learning? // Biological Cybernetics. – May 1993. – Vol. 69. – Iss. 1. – Pp. 7-17.
5. Ломаев Г. В., Бондарева Н. В. Магнитные параметры пчел *Apis mellifera mellifera* (L.), полученные СКВИД-магнитометрией // Биофизика. – 2002. – Т. 49. – Вып. 6. – С. 1118–1119.

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., Пизурян 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;