

Московский Государственный университет имени М.В.Ломоносова
Биологический факультет

На правах рукописи

Бадтиев Юрий Саламович

**МЕТОДОЛОГИЯ БИОДИАГНОСТИКИ
КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ВОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

03.00.16 – Экология,

05.26.02 - Безопасность в чрезвычайных ситуациях

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

Москва - 2006

Работа выполнялась в период с 1986 по 2006 г.г. в НИИ «Медстатистика», НИЦ информационных технологий экстремальных проблем, Экологическом центре Республики Северная Осетия–Алания, центре Экотоксиметрии Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН и в Экологическом центре Министерства обороны Российской Федерации.

Научный консультант:

доктор биологических наук, профессор Безносков Виктор Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор Абакумов Владимир Анатольевич,

доктор биологических наук Толпышева Татьяна Юрьевна,

доктор технических наук, профессор Шулежко Владимир Федорович.

Ведущая организация 4 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации (4 ЦНИИ МО РФ).

Защита состоится 5 апреля 2007 года в 15.30 на заседании диссертационного совета Д.501.001.55 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора биологических наук при Московском Государственном университете им. М.В. Ломоносова по адресу: Москва, 119899, Воробьевы горы, МГУ, Биологический факультет, аудитория 389.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке биологического факультета Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова

Автореферат разослан 10 февраля 2007г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук

Н.В. Карташева

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. В Экологической доктрине Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225 указано «Стратегической целью государственной политики в области экологии является **повышение качества жизни и улучшение здоровья населения**». Эта стратегия полностью распространяется и на личный состав Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ). Характерной особенностью развития ВС РФ в современных условиях является значительный рост энерговооруженности вооружения и военной техники (ВВТ), с которой связано повышение опасности возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера. В связи с этим военной доктриной Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 21 апреля 2000г.) предусматриваются задачи по **предупреждению экологических и других чрезвычайных ситуаций и ликвидация их последствий**.

Кроме того, военная деятельность связана с боевой и специальной подготовкой войск (сил), а также с ведением военных действий. Любой из видов военной деятельности, как и народнохозяйственная деятельность, представляет экологическую опасность, поскольку связана с негативным воздействием на окружающую среду (ОС) загрязняющих веществ (ЗВ).

Под ЗВ понимают вещество или смесь веществ количество и (или) концентрация которых превышает установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы (Закон № 7-ФЗ, 2002). Совокупность ЗВ с электромагнитным (ЭМИ) и радиационным (РИ) излучением называется экологически опасными факторами (ЭОФ), которые могут комбинировано воздействовать на природный комплекс (природные, природно-антропогенные и антропогенные объекты) и население.

Экологическая безопасность является составной частью национальной безопасности Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 10 января 2000г.). Обеспечение экологической безопасности военной деятельности осуществляется в соответствии с основополагающими принципами (Концепция экологической безопасности ВС РФ):

1 Приоритет сохранения жизни и здоровья человека и ОС при решении задач ВС РФ в мирное время. Основным направлением обеспечения экологической безопасности в мирное время является предотвращение загрязнения ОС, а если такое случилось, то ликвидация их последствий.

2 Приоритет выполнения боевых задач ВС РФ в период военных действий с учетом, по возможности, экологических аспектов и соблюдения международных актов по экологии. Основным направлением обеспечения экологической безопасности в эти периоды - защита личного состава от ЗВ природного и техногенного происхождения.

Военная деятельность связана с боевой и специальной подготовкой личного состава, в процессе которой совершенствуется его профессиональное мастерство для надежного обеспечения национальной безопасности России.

Все многообразие объектов Вооруженных Сил РФ кратко выражается термином «военный объект», под которым понимается участок территории, выделенный государством для дислокации и осуществления военной деятельности.

Территория военного объекта включает жилой городок, техническую территорию, учебные поля (полигоны, аэродромы, танкодромы, акводромы, склады горючего, боеприпасов и др. объекты инфраструктуры), которые необходимы для жизнедеятельности, боевой и специальной подготовки войск (сил).

В ходе военной деятельности эксплуатируется оружие и военная техника, осуществляются боевые стрельбы, пуски ракет и др. деятельность, в ходе которых ОС (атмосферный воздух, почва и поверхностные воды) испытывает негативное воздействие ЗВ химической, физической и биологической природы. В результате этого ОС на территории военного объекта может загрязняться и становиться неблагоприятной для здоровья личного состава войск (сил), населения, животного и растительного мира.

Длительное воздействие на человека ЭОФ вызывает морфологические и функциональные изменения клеток, тканей организма. В конечном итоге эти изменения приводят к снижению иммунного статуса человека, что сопровождается ухудшением состояния его здоровья и снижением работоспособности (боеготовности). По современным оценкам (Бадтиев, Новиков, 2003) работоспособность человека в условиях длительного воздействия ЭОФ может снижаться на 15-30 % , что может сопровождаться снижением боеготовности подразделения, экипажа (боевого расчета) на 7-15 %.

Выявлена сильная корреляционная связь (коэффициент корреляции $R > 0,7$) между заболеваемостью населения и интегральными показателями загрязнения ОС. По некоторым нозологиям коэффициент корреляции может достигать максимальной величины ($R = 1,0$). Например, между показателем общей заболеваемости населения $Z_{об}$, врожденных аномалий $Z_{ва}$, нервной системы $Z_{нс}$ и показателем интегрального загрязнения атмосферного воздуха P_a в 2003 году в г. Москве коэффициент корреляции $R = 0,92$ при погрешности 5 %. (Бадтиев и др., 2003).

Анализ состояния здоровья населения в связи с загрязнением ОС показывает, что только 10 % призывников считаются пригодными к военной службе в Вооруженных Силах Российской Федерации (Бадтиев и др., 2003).

Несмотря на принятые государством нормативные акты, направленные на обеспечение экологической безопасности населения, охрану и рациональное природопользование, на тер-

ритории России в экологически неблагоприятных условиях проживает более 50 % населения. Обеспокоенный таким обстоятельством, Президент Российской Федерации В.В. Путин заявил, что экологическая безопасность – неотъемлемая часть национальной безопасности России. Таким образом, обеспечение экологической безопасности населения стало в настоящее время актуальной проблемой Российской Федерации.

Решение этой проблемы во многом зависит от объективности информации о состоянии ОС. Получение такой информации возлагается на Единую государственную систему экологического мониторинга (ЕГСЭМ) и на её подсистему в Вооруженных Силах РФ. Но вследствие использования в существующей системе экологического мониторинга выборочной по месту, времени и перечню ЗВ физико-химической диагностики загрязнения ОС (дифференциальная диагностика), она обладает низкой объективностью и не учитывает эффекты синергизма химических веществ, не дает однозначного ответа о качестве ОС, и к тому же является высокочувствительной.

Единая методология оценки экологической обстановки на территории Российской Федерации, введенная в действие в 1992 г., предусматривала категорирование территории по степени экологического неблагополучия (Критерии ... , 1992) как удовлетворительную, напряженную, критическую, кризисную и катастрофическую. Она предусматривала временной интервал для получения интегральных показателей загрязнения ОС не менее 10 лет, а для оценки изменения состояния здоровья населения – продолжительность жизни одного поколения, то есть, не менее 25 лет. Но в связи с чрезвычайной сложностью и дороговизной получения информации по 160 показателям (в том числе и биологическим) состояния ОС, природного комплекса и здоровья населения, указанная методология никогда не применялась в деятельности природоохранных органов РФ, а с началом перевода экономики на рыночные отношения она и вовсе была забыта.

А тем временем США продолжали осуществлять программу (Strategic Environmental Research and Development Program – SERDP), которая предусматривала применение в системе экологического мониторинга малозатратных методов биоиндикации качества ОС. По завершении военного конфликта в Косово специалисты США оценили с помощью лишайников радиоактивное загрязнение ОС, которое образовывалось в результате применения боеприпасов из обедненного урана. Большое внимание в США уделяется использованию синтетических полимерных биодатчиков, которые, будучи капсулированы в микрочипы, способны обнаруживать и идентифицировать в реальном масштабе времени ЗВ. При этом предел обнаружения почти на три порядка лучше, чем у нынешних оптических датчиков.

Основной недостаток существующей методологии оценки экологической обстановки на территории состоит в ориентации только на дорогостоящие методы дифференциальной

диагностики ЗВ, данные которых должны усредняться за сутки, за месяц и год, чтобы получить безразмерный интегральный индекс P_{oc} загрязнения ОС, по величине которой судят об экологическом состоянии территории. Недостаточное внимание уделяется малозатратным методам биодиагностики качества ОС, которые позволяют получать однозначный ответ о степени её пригодности для живой природы и человека.

Возникло противоречие между эффективностью системы экологического мониторинга и методами получения информации о состоянии ОС для комплексной оценки экологической обстановки. В связи с этим, разработка способа рационального сочетания методов дифференциальной и биологической диагностики состояния ОС представляет актуальную научно-техническую проблему.

Цель и задачи исследования. Целью работы является исследование системы получения информации о состоянии ОС и разработка методологии комплексной оценки экологической обстановки на территории военного объекта. В связи с намеченной целью были поставлены следующие основные задачи:

1 Оценить эффективность системы получения информации о состоянии окружающей среды на примере системы наблюдения за атмосферным воздухом г. Москвы.

2 Исследовать закономерность изменения морфологических признаков биоиндикатора от интегрального показателя загрязнения среды его обитания.

3 Изучить закономерность образования зон экологических аномалий на территории природно-антропогенного объекта.

4 Определить величину корреляции между показателем популяционного здоровья городского населения и интегральным показателем загрязнения атмосферного воздуха.

5 Разработать малозатратные методы визуальной биоиндикации качества атмосферного воздуха, поверхностных вод и почвы на военном объекте.

6 Апробировать разработанные методы визуальной биоиндикации на территории военных объектов Московского военного округа и военных гарнизонах Москвы, Тамбова и Владикавказа.

7 Разработать методологию биодиагностики качества окружающей среды для комплексной оценки экологической обстановки на военном объекте.

Научная новизна. Впервые проведены натурные исследования сопоставительными методами дифференциальной и биологической диагностики состояния ОС, посвященные проблеме методологии комплексной оценки экологической обстановки на территории военного объекта.

Впервые разработана математическая модель объективности экологического мониторинга на основе системного подхода «эффективность-стоимость». В процессе информаци-

онного обеспечения модели выявлена низкая эффективность и высокая стоимость существующей системы дифференциальной диагностики состояния окружающей среды.

Впервые разработана математическая модель жизненности биоиндикатора в загрязненной среде обитания, в которой качестве функции и аргумента используются соответственно интегральные показатели жизненности биоиндикатора G и индекс загрязнения среды обитания P_c . В ходе информационного обеспечения математической модели впервые определены численные значения коэффициентов прогрессивной r и регрессивной μ модификации растительных и животных биоиндикаторов в загрязненной среде обитания.

Экспериментально показано, что коэффициенты r и μ принимают максимальные значения при усреднении данных P_c за период 2 года. В результате корреляционно-регрессионного анализа экспериментальных данных выявлена сильная корреляционная связь между показателями жизненности биоиндикатора G и индексом загрязнения среды обитания P_c . Коэффициент корреляции R варьирует в пределах от 0,7 до 0,9.

По результатам полевых исследований (Бадтиев, 2004) впервые определена чувствительность синузид (групп) почвенных беспозвоночных животных к индексу загрязнения почвы тяжелыми металлами и нефтепродуктами, что позволило разработать метод оценки качества почвы по показателю жизненности почвенных беспозвоночных животных.

На основе теоретических и полевых исследований (Бадтиев 2001, 2004, 2005) морфологии биоценозов в условиях загрязнения среды обитания обоснован выбор в качестве биоиндикаторов экологического состояния: атмосферного воздуха - эпифитных лишайников; поверхностных вод – пресноводных моллюсков; почвы – беспозвоночных почвенных животных.

Разработан новый способ оценки экологической обстановки на территории по показателю жизненности биоиндикаторов. Новизна подтверждена российским патентом на изобретение «Способ лишеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха» (Бадтиев, 2003).

Разработан новый способ прогноза зон экологических аномалий на основе учета аэродинамических особенностей ландшафта при проведении визуальной лишеноиндикации качества атмосферного воздуха. Новизна подтверждена российским патентом на изобретение «Способ выявления на местности зон экологических аномалий».

Впервые предложен способ рационального сочетания методов биодиагностики качества ОС с методами дифференциальной диагностики ЭОФ, который назван **наземной экологической разведкой местности**. Она может проводиться периодически, один раз в 2 года, для выявления на территории военных объектов зон экологических аномалий (ЗЭА), в которых методами физико-химического анализа контролируются концентрации ЗВ, электромагнитное и радиационное излучения. На примере гарнизона Москвы показано, что наземная

экологическая разведка местности позволяет повысить объективность информации об экологическом состоянии территории с 4 до 70 % при сокращении затрат в 17 раз.

Практическая значимость. Результаты исследований использованы в области обеспечения экологической безопасности ВС РФ. Формы использования: учебник для высших учебных заведений Министерства обороны РФ (Бадтиев и др., 2006); учебное пособие для руководящего состава Вооруженных Сил РФ (2005); Методические указания по экологической разведке местности на военных объектах (Бадтиев, Усов, 2005); Временные методики биоиндикации загрязнения ОС (Бадтиев, 2000, 2001, 2002) на военных объектах.

Материалы исследований использованы в научно-исследовательских работах:

1. Исследование проблем защиты личного состава от экологически неблагоприятных воздействий окружающей среды (Бадтиев и др., 2002, 2003);
2. Организация и ведение социально – гигиенического мониторинга на территории военных объектов (Бадтиев и др. 2004);
3. Исследования по разработке малозатратных методов оценки наземных и водных экосистем по состоянию растительных и животных биоиндикаторов в местах дислокации войск (Бадтиев и др., 2006).

Разработанные по материалам диссертации методические рекомендации включены в учебные программы Московского авиационного технологического института им. К.Э. Циолковского и Военной академии ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого.

По материалам исследований поставлена опытно-конструкторская работа в промышленности по модернизации комплекса технических средств военного эколога «Инспектор-М». Разработанный автором проект «Малозатратный способ лишеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха» удостоен Диплома конкурса «Национальная экологическая премия 2005 года» за вклад в укрепление экологической безопасности и устойчивое развитие России.

Выводы и рекомендации исследований могут быть использованы природоохранными органами Российской Федерации для интегральной оценки состояния окружающей среды.

Основные защищаемые положения. Предметом защиты являются:

1 Методология оценки качества окружающей среды базируется на закономерности растительных и животных биоиндикаторов изменять показатель жизненности в зависимости от величины интегрального показателя загрязнения среды их обитания.

2 Объективность информации о загрязнении ОС на территории $P_{об}$ прямо пропорциональна произведению продолжительности наблюдения t , числа наблюдательных постов n ,

числа контролируемых ЗВ m и обратно пропорциональна произведению фактическому числу ЗВ в окружающей среде N и площади территории военного объекта F .

3 Экологическая разведка местности - способ рационального сочетания методов био-диагностики качества ОС с физико-химическими методами контроля ЗВ для получения первичной информации о качестве окружающей среды на военных объектах.

4 Алгоритм комплексной оценки экологической обстановки на территории военных объектов включает получение необходимых исходных данных по результатам экологической разведки местности, плановой медицинской диспансеризации личного состава и экологического контроля состояния источников загрязнения ОС. Полученные данные подвергаются аналитической обработке для вычисления комплексного индекса загрязнения ОС ($P_{зоф}$) и показателей фоновой ($Z_{ф}$) и максимальной (Z_{max}) заболеваемости личного состава. По этим показателям определяется индекс общей заболеваемости ($Z_{общ}$) личного состава военных объектов. Полученный результат сравнивается с критериями экологического состояния территории.

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие во всех теоретических и натурных исследованиях по разработке методологии комплексной оценки экологической обстановки на военном объекте. Автором лично разработаны математические модели: жизненности биоиндикатора в загрязненной среде обитания; объективности системы получения информации о состоянии окружающей среды; прогноза возможных зон экологических аномалий; комплексной оценки экологической обстановки на территории. Автор осуществлял научно-методическое руководство полевыми экспедиционными работами по апробации методов визуальной биоиндикации ОС.

Апробация результатов исследований. Основные научные положения и результаты диссертационной работы нашли применение в экологической службе для планового экологического обследования ряда военных объектов, расположенных на территории Московского военного округа.

Разработанные в диссертации методы визуальной биоиндикации апробированы с участием автора на территории ряда военных объектов Московского военного округа и гарнизонов Москвы, Тамбова и Владикавказа. Кроме того, методика лишеноиндикации апробирована общественностью города Перми при независимой оценке экологического состояния санитарно-защитных зон города и загородных зон отдыха детского населения.

Методика биоиндикации качества почвы по состоянию беспозвоночных почвенных животных апробирована на территории баз Балтийского флота. Результаты апробации положительные.

Основные научные положения работы докладывались на международных научных конференциях: «Экология горных территорий» (Владикавказ, 1995); «Новое в экологии на постсоветском пространстве» (Санкт-Петербург, 1998); «Экологическая безопасность горных территорий» (Владикавказ, 1995, 2001).

Кроме того, материалы диссертации докладывались на ведомственных научно-практических конференциях: «Обеспечение экологической безопасности РВСН в условиях повседневной деятельности и чрезвычайных ситуаций» (Москва, 2000, Королев, 2001); «Методы биоиндикации загрязнения окружающей среды на военных объектах» (Москва, 2003); «Методы оценки экологической обстановки на военном объекте» (Москва, 2005); на юбилейной конференции «Всероссийскому обществу охраны природы -75 лет» (Москва, 1999).

Публикации. Основные научные результаты диссертации опубликовано в 53 работах. Среди них: учебник -1, учебные пособия -3, методики биоиндикации загрязнения окружающей среды на военных объектах – 4. В рекомендуемых ВАК периодических научных и научно-технических изданиях – 10 (Вестник МАТИ - Технический университет им. К.Э. Циолковского, «Изобретения. Заявки и патенты», научно-технические журналы «Экология и промышленность России», «Сенсор» и др.). В целях ознакомления широкой общественности методики биоиндикации качества ОС и результаты их апробации опубликованы в бюллетене «Экологический вестник России» и др. изданиях.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 337 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературных источников, включающих 224 работы (в том числе иностранных 22) и 4 – х приложений. Работа содержит 64 рисунка, 107 таблиц.

Глава I. Состояние проблемы оценки экологической обстановки

Источником информации об экологической обстановке на территории России должна была стать Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), которая в период перехода на рыночную экономику так и не была создана в полном объеме. Степень экологического неблагополучия территории должна была оцениваться по критериям: **удовлетворительная, напряженная, критическая, кризисная и катастрофическая.** Но это не было реализовано, что негативно влияет на обеспечение экологической безопасности населения. В государственных докладах о состоянии ОС в РФ встречаются такие категории экологической ситуации, как **относительно благоприятная, напряженная, стабильная, сложная, острая, контрастная.** Например, при изменении удельного выброса ЗВ от 0,4 до 1267 кг/чел. год экологическая ситуация территории оценивается одним критерием – **слож-**

ная. Это подтверждает наш вывод об отсутствии в Российской Федерации единой методологии оценки экологической обстановки на территории.

На созданную в Вооруженных Силах Российской Федерации (ВС РФ) экологическую службу возложена задача организации функционирования системы экологического мониторинга. Для выполнения задачи необходимо разработать единую для Министерства обороны РФ методологию оценки экологической обстановки на военных объектах. Экологическая служба ВС РФ располагает техническими средствами экологической разведки (ТСЭР) экологического контроля (ТСЭК) состояния ОС и природного комплекса на военных объектах. Структура существующей системы технических средств экологического мониторинга в ВС РФ приведена на рис. 1.

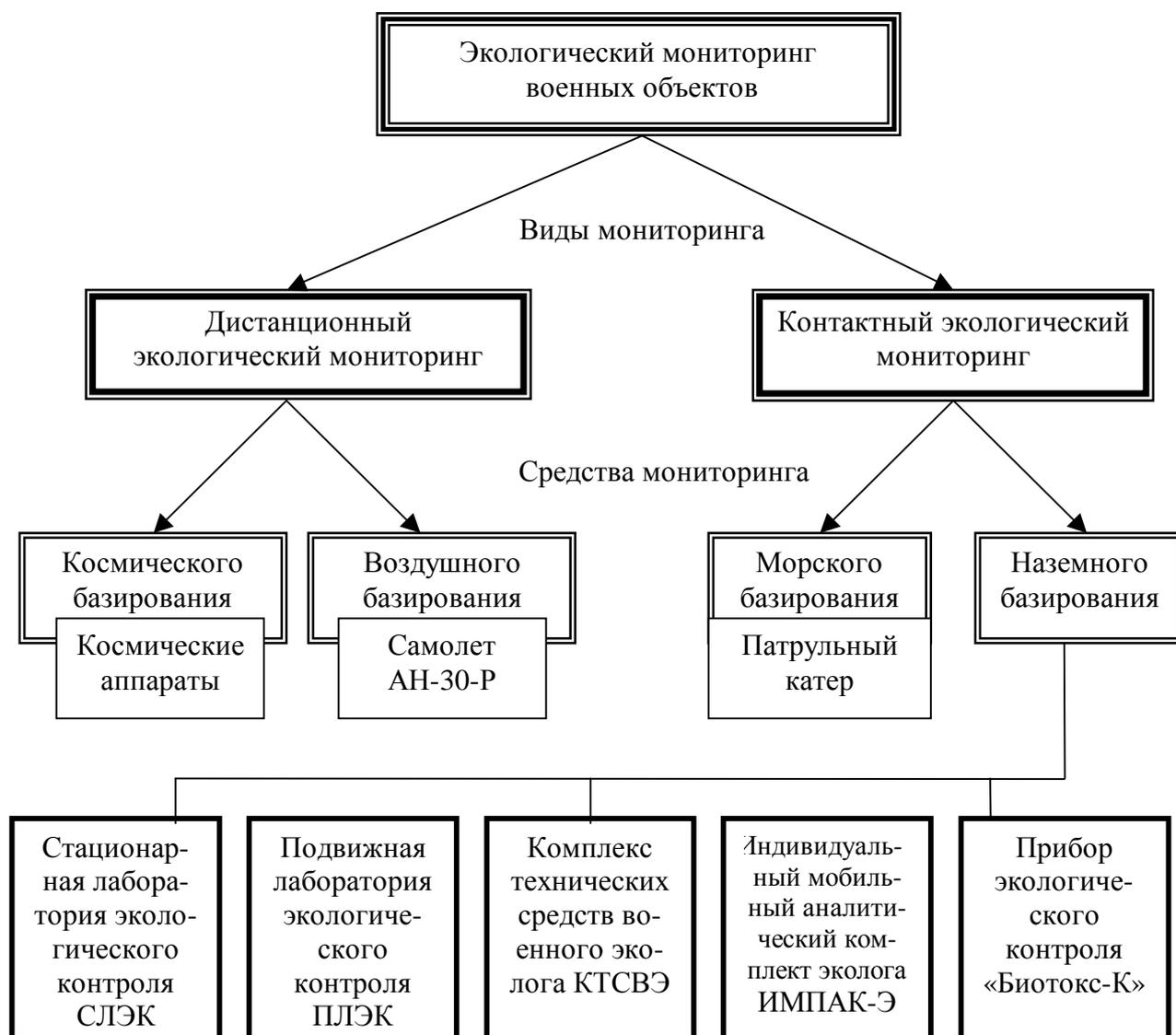


Рисунок 1- Структура системы экологического мониторинга в ВС РФ

Дистанционный экологический мониторинг осуществляется путем локации земной поверхности в видимом, инфракрасном и радиолокационном диапазонах длин волн. Результаты локации позволяют получать фитоиндикационные карты суши, на которых можно различать состояние природных, природно-антропогенных и антропогенных объектов, в том числе фитопродуктивность (биомассу) растительного покрова, ареалы распространения загрязнений на суше и на водной поверхности, последствия аварий и катастроф природного и антропогенного происхождения и др.

Контактный экологический мониторинг осуществляется методами физико-химической диагностики веществ в ОС с помощью технических средств экологической службы ВС РФ. С помощью ПЛЭК можно определить в атмосферном воздухе 17 ЗВ, в воде и почве - 29 ЗВ. КТСВЭ обладает возможностью диагностировать в атмосферном воздухе окислы азота, оксид углерода, диоксид серы, аммиак, сероводород, в поверхностных водах – суммарное содержание тяжелых металлов. ИМПАК-Э обладает возможностью диагностировать в воздухе 14 ЗВ. «Биотокс-К» позволяет определить интегральную токсичность поверхностных и сточных (очищенных) вод, а также почвы и донных отложений.

Мониторинг состояния здоровья личного состава на военном объекте осуществляется медицинской службой военного объекта в соответствии с требованиями нормативных документов ВС РФ. Мониторинг включает медицинское обследование личного состава, контроль санитарного состояния территории и анализ заболеваемости личного состава. По результатам мониторинга оценивается состояние здоровья личного состава военного объекта и его санитарное состояние. Следует отметить, что создаваемая система экологического мониторинга в ВС РФ ориентирована на методы физико-химической диагностики загрязнения ОС, которые требуют больших затрат материальных и финансовых средств (Жмур, 1997).

Существующая система получения данных об экологической обстановке предусматривает ежедневный отбор и химический анализ проб ОС. По этим данным рассчитываются среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые индексы загрязнения атмосферного воздуха P_a , поверхностных вод P_b , почвы P_n и комплексный показатель химического загрязнения окружающей среды P_{oc} . С учетом биологического накопления химических веществ в организме осуществляется нормирование P_i по приведенным ниже формулам:

$$P_a = \sum C_{ia} / ПДК_{ia} \leq 1, \quad (1)$$

где C_{ia} – среднесуточная концентрация ЗВ в воздухе, мг/м³;

$ПДК_{ia}$ - предельно допустимая концентрация ЗВ в воздухе, мг/м³.

$$P_b = \sum C_{ib} / ПДК_{ib} \leq 1, \quad (2)$$

где C_{ib} - среднесуточная концентрация ЗВ в воде, мг/м³;

$ПДК_{ib}$ - предельно допустимая концентрация ЗВ в воде, мг/м³.

$$P_{\text{п}} = \Sigma C_{\text{ин}} / \text{ПДК}_{\text{ин}} - (n - 1) \leq 1, \quad (3)$$

где $C_{\text{ин}}$ - среднесуточная концентрация ЗВ в почве, мг/кг;

$\text{ПДК}_{\text{ин}}$ - предельно допустимая концентрация ЗВ в почве, мг/кг.

n – число ЗВ в почве.

$$P_{\text{ос}} = P_{\text{а5}} + \alpha P_{\text{в6}} + \beta P_{\text{п10}}, \quad (4)$$

где α, β - весовые коэффициенты соответственно для $P_{\text{в6}}$ и $P_{\text{п10}}$.

Из всех физических факторов воздействия на личный состав приоритетными являются электромагнитные (ЭМИ) и радиационные (РИ) излучения. Суммарное воздействие ЭМИ с учетом явления биологического накопления их последствий на человека, нормируется индексом электромагнитного излучения

$$P_u = \sum_i^n \left(\frac{E_i}{E_{\text{пд}i}} \right)^2 + \sum_j^m \frac{P_j}{P_{\text{пд}j}} \leq 1, \quad (5)$$

где $E_i, E_{\text{пд}i}$ – соответственно фактическая, и предельно допустимая напряженность поля i -го источника (В/м) в диапазоне частот от 30 кГц до 300 мГц;

P_i и $P_{\text{пд}j}$ - соответственно фактическое и предельно допустимое значение излучения j -го источника для диапазона частот от 300 мГц до 30 ГГц.

Суммарное воздействие РИ выражается показателем эффективной дозы $P_{\text{эфд}}$. Безопасность ионизирующего излучения обеспечивается при условии, если величина $P_{\text{эфд}}$ не превышает допустимую норму $P_{\text{нэфд}}$, то есть $P_{\text{эфд}} / P_{\text{нэфд}} \leq 1$.

С учетом условий безопасности ($P_{\text{а}}=1; P_{\text{в}}=1; P_{\text{п}}=1; P_{\text{и}}=1, P_{\text{эфд}}=1$) величина экологически допустимого уровня (ЭДУ) комплексного воздействия на человека ЗВ, ЭМИ и РИ составит величину:

$$P_{\text{комп}} = P_{\text{ос}} + P_{\text{эми}} + P_{\text{эфд}} = 1 + 0,075 + 0,023 + 1 + 1 = 3,098 \cong 3,1.$$

Следовательно, ЭДУ комплексного воздействия ОС не должен превышать величину $P_{\text{комп}} \leq 3,1$, в противном случае повышается риск заболеваемости человека и, как следствие, снижения его работоспособности.

Состояние здоровья населения рекомендуется оценивать (Акимова, Хаскин, 2000) по приросту общей относительной заболеваемости населения за счет экопатологии $Z_{\text{об}}$, вызванной суммарным загрязнением ОС. Поскольку для военных объектов характерно комплексное воздействие на личный состав ЗВ, ЭМИ и РИ, то в эмпирическое уравнение (6) вместо коэффициента суммарной концентрации (K) введен индекс комплексного загрязнения ОС ($P_{\text{комп}}$).

$$Z_{\text{об}} = Z_i / Z_{\phi} = 1 + \frac{Z_m - Z_{\phi}}{Z_{\phi} \left(1 + 10^{a-bP_{\text{комп}}} \right)}, \quad (6)$$

где Z_i – текущее значение общей заболеваемости населения, чел;

$Z_{\text{ф}}$ – фоновая заболеваемость населения без воздействия ЭОФ, чел;

$Z_{\text{м}}$ – максимальная заболеваемость населения в связи с загрязнением ОС;

$P_{\text{комп}}$ – индекс комплексного загрязнения ОС;

$a = 2,5$; $b = 0,5$ – коэффициенты значимости соответственно $Z_{\text{м}}$ и $Z_{\text{ф}}$ (Хаскина, 2000) при которых прирост заболеваемости за счет экопаталогии становится статистически значимым.

Степень медико-экологического экологического неблагополучия (МЭН) территории военного объекта определяется по показателю $Z_{\text{об}}$ и оценивается по критериям, приведенным в таблице 1 (Бадтиев, 1997).

Таблица 1- Критерии оценки медико-экологического неблагополучия территории

| Показатель | Параметры критерия для экологического состояния территории | | | | |
|-----------------|--|-------------|-------------|-----------|------------------|
| | удовлетворительной | напряженной | критической | кризисной | катастрофической |
| $Z_{\text{об}}$ | 1 | 1,1 | 1,2-1,4 | 1,5-2,0 | более 2 |

Глава II Краткая экологическая характеристика исследуемых объектов

В работе предусматривалось проведение большого объема натуральных исследований, поэтому были выбраны наиболее характерные с экологической точки зрения военные гарнизоны и военные объекты. Критериями выбора объектов служили различия: в географическом положении; в удельной техногенной нагрузке на ОС и природный комплекс; в размерах территории; и в численности населения. Были выбраны военные гарнизоны Москва, Тамбов, Владикавказ и военные объекты Чкаловское, Кубинка, Калининц, Северный.

Город Москва расположен на реке Москва с притоками Яуза и Сетунь, на холмистой местности. Территория города составляет 994 км², население 10357,8 тыс. человек. Здесь сосредоточены крупные предприятия различных отраслей народного хозяйства. В Москве расположены многие военные учреждения, учебные заведения и воинские части. Из всего объема выбросов в атмосферу на долю автотранспорта приходится 92 % . По данным Государственного учреждения Московский Центр гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ГУ Московский ЦГМС-Р), среднегодовой выброс ЗВ в атмосферный воздух составляет 129 тыс.т/год. Среднегодовой индекс загрязнения атмосферного воздуха $P_a > 14$. Основные источники загрязнения атмосферного воздуха - промышленные предприятия, ТЭЦ, речной и автомобильный транспорт. Среднегодовой сброс сточных вод 2711 млн. м³/год. Основные источники загрязнения поверхностных вод - объекты жи-

лично-коммунального хозяйства (ЖКХ), предприятия промышленности города, речной транспорт и портовые объекты. Среднегодовой объем бытовых отходов 163 тыс. т/год. По состоянию на 2004 г. город занимает одно из первых мест в России по наличию токсичных веществ в атмосферном воздухе и первое место по сбросу загрязненных сточных вод. ГУ Московский ЦГМС-Р ведет наблюдение за загрязнением атмосферного воздуха, поверхностных вод и РИ территории города. В воздухе ежесуточно 16 стационарных постов контролируют 32 ЗВ, в поверхностных водах -23 ЗВ.

Демографическое состояние города характеризуется следующими данными: плотность населения 10,4 тыс. чел /км², доля женщин 53 %, рождаемость 8,5 ‰ , смертность 15,2 ‰ , младенческая смертность – 11 детей на 1000 родившихся.

Город Тамбов – областной центр Тамбовской области, расположен в зоне лесостепи, на реке Цна. Территория города занимает около 80 тыс. км², население около 294 тыс. человек. По данным Ростехнадзора по Тамбовской области, основными источниками загрязнения ОС в городе являются: ТЭЦ, 20 квартальных котельных, 70 котельных малой и средней мощности, объекты ЖКХ, предприятия ОАО «Тамбоврезинаасботехника», ОАО «Тамола», ОАО «Пигмент», ОАО «Тамбовмаш» и автотранспорт. В Тамбове 3 поста наблюдения контролируют в воздухе города концентрацию 17 ЗВ, в реке Цна -10 ЗВ. Наибольшее количество токсичных отходов образуется на Тамбовском ОАО «Пигмент». Состояние здоровья населения характеризуется ростом числа хронических заболеваний легких на территории, где действуют промышленные предприятия и крупные автомагистрали

Город Владикавказ - столица республики Северная Осетия – Алания (РСО - Алания) расположен на р. Терек, у входа в Дарьяльское ущелье. Площадь города 84 км², население около 400 тыс. человек. Здесь сосредоточено более 65 % промышленного производства республики. На территории города дислоцируются ряд военно-учебных заведений Министерства Обороны и МВД РФ, ряд военных объектов Северо-Кавказского военного округа. Географическое положение города обуславливает безветрие или слабые ветры, что способствует загрязнению ОС и ухудшает экологическое состояние города. Через территорию РСО - Алания пролегают две транскавказские автомобильные магистрали (Транскам), ведущие через Главный Кавказский хребет в Грузию по Дарьяльскому ущелью и в Южную Осетию по Алагирскому ущелью. На территории РСО-А протекают горные реки Терек с притоками Гизельдон, Фиагдон, Ардон, Арафдон (Урух), Камбилеевка. По данным Росприроднадзора по РСО-Алания, среднегодовые выбросы ЗВ в атмосферу составляют 34,3 т/км², на долю автотранспорта приходится до 80 % выбросов.

Основные загрязнители атмосферы – предприятия цветной металлургии, промышленности строительных материалов, машиностроение, ЖКХ, автотранспорт. Основные загряз-

нителю поверхностных вод - предприятия цветной металлургии, ЖКХ, (50 % приходится на долю Владикавказа), а также горнодобывающие предприятия, находящиеся в горных ущельях РСО-А. Основные загрязнители почвы – автотранспорт, ЖКХ, животноводческие хозяйства, военные объекты и др. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха осуществляется на 4 –х стационарных и 6-ти подвижных постах наблюдения. В атмосферном воздухе определяется концентрация 14 ЗВ. Среднегодовой индекс загрязнения атмосферы $P_a > 8$. В поверхностных водах определяется концентрация 20 ЗВ. Демография РСО-А: рождаемость-10,6 ‰, смертность-12,8 ‰, младенческая смертность-11,7 на 1000 родившихся детей.

Военные объекты Чкаловское, Кубинка, Северный, Калининцы расположены на территории Московского военного округа. Они имеют однотипную инфраструктуру: военный городок, техническую территорию, склады ГСМ др. Объекты имеют автономную систему обеспечения водой питьевого и хозяйственного назначения, систему сточных вод с очистными сооружениями. Источниками загрязнения ОС являются: военная техника, котельные отопительных систем, склады ГСМ, автопарки и пункты технического обслуживания и др.

Контроль экологического состояния военных объектов осуществляют специалисты квартирно-эксплуатационной части (КЭЧ) военного объекта.

Глава III Основы визуальной биоиндикации качества окружающей среды

Объективность информации об экологическом неблагополучии территории определяется долей диагностируемых в ОС ЗВ (m), продолжительностью диагностики (τ), количеством постов наблюдения за ОС на территории (n). При условии равномерного обследования территории степень объективности полученной информации можно представить в виде вероятностных отношений:

$$P_s = S / F, \quad (7)$$

где P_s - вероятность полноты информации о состоянии ОС на территории;

F - общая территория объекта, км²;

S – исследуемая часть территории объекта, км².

$S = \alpha \cdot n$, где α – коэффициент аппроксимации данных одного поста, км²/пост.

$$P_m = m / M, \quad (8)$$

где P_m – вероятность полноты контроля перечня ХВ в окружающей среде;

M – реальный перечень ХВ в окружающей среде.

$$P_\tau = \tau / 24 = 0,042\tau, \quad (9)$$

где P_τ - вероятность полноты информации по продолжительности диагностики, ч;

24 – продолжительность суток, ч.

Поскольку вероятности P_s , P_m , P_τ друг от друга не зависят, то критерием объективности информации может быть их произведение.

$$P_{об} = P_s \cdot P_m \cdot P_\tau. \quad (10)$$

Подставив значения P_s , P_m , P_τ , получим:

$$P_{об} = P_s P_m P_\tau = 0,042 \tau \alpha n m / M F. \quad (11)$$

Из государственных докладов о состоянии ОС в РФ (2002 - 2004) следует, что из всей массы ЗВ, поступающих в ОС, более 80 % приходится на долю выбросов в атмосферу. При этом на долю автотранспорта приходится 90 % выбросов. Расчеты показали, что для города Москвы $P_{об} = 4 \%$. Повышение объективности информации возможно за счет увеличения числа постов n , продолжительности τ отбора проб. Варьированием показателями n и τ определено оптимальное их сочетание, рис. 2.

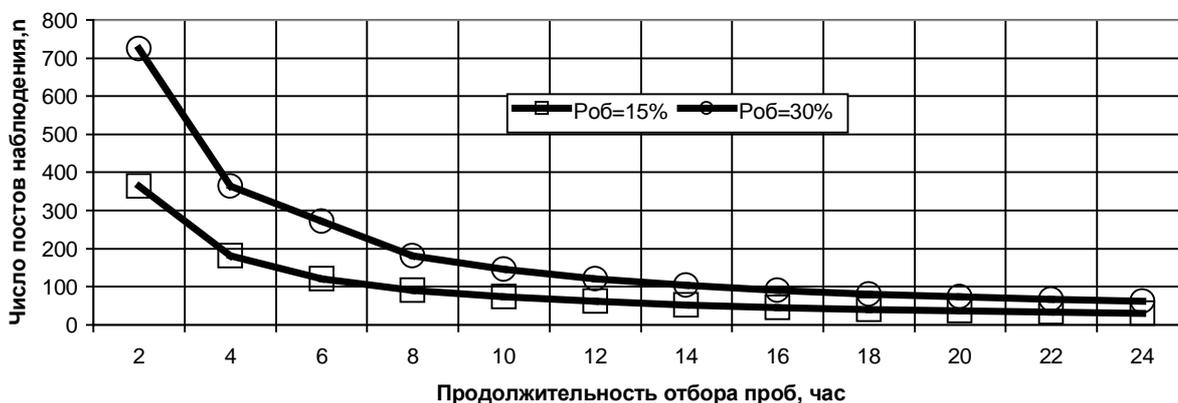


Рисунок 2 - Объективность информации $P_{об}$ в зависимости от показателей τ и n

Анализ данных рис. 2, показывает, что $P_{об}$ может быть увеличен до 30 % при сохранении продолжительности отбора проб $\tau = 2$ ч /сутки. Но при этом число постов наблюдения придется увеличить с 68 до 750. Можно получить $P_{об} = 30 \%$ при $n = 68$, но тогда показатель τ должен быть не менее 24 часов. Оптимальное число постов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха при $\tau = 12$ ч /сутки и $P_{об} = 30 \%$ может составить $n = 120$. Приняв полученные значения за оптимальные, проведено их уточнение по критерию «эффективность-стоимость». В качестве критерия эффективности системы наблюдения за состоянием атмосферного воздуха принят показатель неполноты информации (R).

$$R = 100 - P_{об}. \quad (12)$$

Результаты расчетов по критерию эффективность-стоимость приведены на рис. 3.

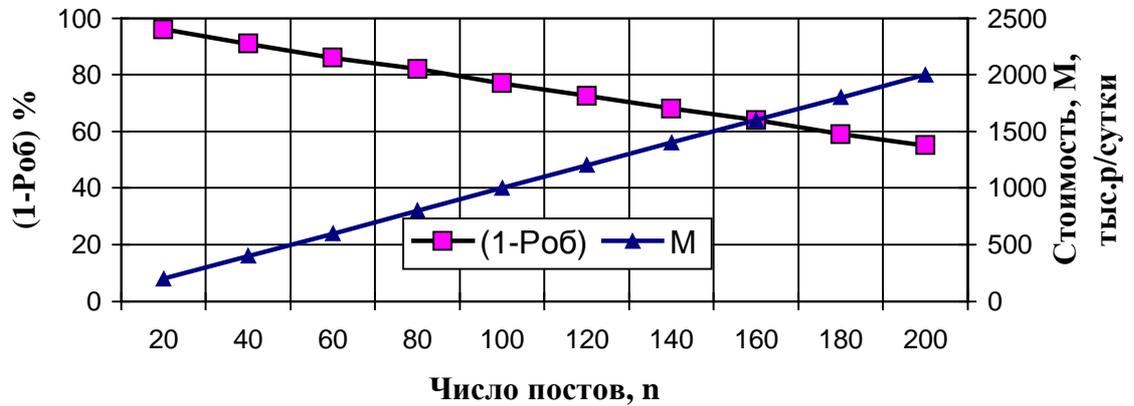


Рисунок 3 - Оценка системы наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в г. Москве по критерию «эффективность-стоимость» при $\tau = 12$ ч. /сутки

Анализ данных рис. 3 показывает, что оптимальными параметрами системы наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в г. Москве является: объективность информации $P_{об} = 35$ %; число постов $n = 160$; продолжительность отбора проб $\tau = 12$ ч. /сутки; затраты $M = 1,6$ млн. р./сутки. Таким образом, расчет показал, что даже при оптимальных параметрах системы наблюдения за атмосферным воздухом, она остается высокочрезвычайно затратной. Следовательно, необходимо искать более рациональный путь, который позволит повысить эффективность системы экологического мониторинга со значительно меньшими затратами.

Математическая модель жизненности биоиндикатора Анализ описательных моделей взаимодействия биоценозов, в том числе и человеческого организма, с ЭОФ, изложенных в работах отечественных и зарубежных ученых (Сеченова, Геккеля, Шелфорда, Коммонера, Реймерса, Абакумова, Федорова и др.), позволил сформулировать постановку задачи для разработки математической модели биоценоза как индикатора интегральной загрязненности среды обитания.

Животные и растительные биоценозы, включая иммунную систему человека, как экологические системы, компенсируют оказываемое на них воздействие ЭОФ за счет адапционных возможностей (толерантности). При некотором пороговом значении ЭОФ толерантность экосистемы достигает максимума. По мере дальнейшего роста ЭОФ толерантность снижается до величины, поддерживающей экологическую гармонию на более низком уровне. Так происходит до тех пор, пока уровень ЭОФ достигнет критического значения, при которой потенциал толерантности экосистемы не будет исчерпан. При этом снижение толерантности экосистемы происходит скачкообразно.

Биоиндикатор по внешним признакам характеризуется показателем относительного биоразнообразия W_i и плотностью популяции S групп биоиндикаторов относительно их максимального значения. Произведение этих показателей характеризует жизненность G биоиндикатора в загрязненной среде обитания.

$$G = W_i / W_{\max} \cdot S_i / S_{\max} . \quad (13)$$

Показатель жизненности обычно принято выражать в процентах от максимально возможной ей величины G_{\max} . Отношение прироста жизненности ΔG к приросту индекса интегрального загрязнения среды обитания ΔP_c можно представить как коэффициент прогрессивной модификации биоиндикатора r .

$$r = \frac{\Delta G}{\Delta P_c} . \quad (14)$$

Характерной особенностью биоиндикатора является то, что информационные признаки проявляются не сразу, а через определенное время t , в течение которого он аккумулирует ЗВ. Таким образом, **биоиндикатор автоматически интегрирует воздействия** ЗВ. Если поглощенная им доза ЗВ превысит норму, соответствующую данной нише экологической гармонии, то биоиндикатор начинает регрессивную модификацию своей структуры, которая проявляется в изменении информационных признаков его жизненности. Дифференциальное уравнение прогрессивной модификации биоиндикатора будет иметь вид:

$$\frac{\partial G}{\partial P_c} = r G . \quad (15)$$

Преобразовав его, будем иметь $\frac{\partial P_c}{\partial G} = r \partial P_c$. Решая это уравнение, получим:

$$G = G_0 e^{r P_c} \quad (16)$$

Поскольку экспоненциальный рост жизненности в условиях загрязненной среды обитания ограничен максимальным пределом G_{\max} при пороговом значении индекса суммарного загрязнения $P_{\text{сп}}$, то уравнение прогрессивной модификации биоиндикатора будет иметь следующий вид:

$$G_0 = \frac{G_{\max}}{e^{r(P_{\text{сп}} - P)}} . \quad (17)$$

Анализ полученного выражения показывает, что при $rP = P_{\text{сп}}$ величина $G = G_{\max}$, что согласуется с описательной моделью функционирования биоиндикатора. Таким образом, уравнение (17) выражает модель роста жизненности биоиндикатора от G_0 до G_{\max} .

Максимальная величина жизненности биоиндикатора представляет собой норму, с которой можно сравнивать дальнейшее снижение жизненности биоиндикатора с возрастанием загрязнения среды обитания.

Дифференциальное уравнение регрессивной модификации биоиндикатора может быть представлено в виде

$$\frac{\partial G}{\partial P_c} = -\mu G, \quad (18)$$

где μ - коэффициент регрессивной модификации биоиндикатора.

Преобразовав уравнение (18) к виду, удобному для интегрирования, имеем:

$$\frac{\partial G}{G} = -\mu \partial P_c \quad (19)$$

После интегрирования получим:

$$\ln G = -\mu P_c \text{ или} \\ G = e^{-\mu P_c} + C. \quad (20)$$

Для начальных условий $C = 0$ имеем $G = G_{\max}$ и, следовательно,

$$G = G_{\max} \exp -\mu P_c. \quad (21)$$

Выражение (21) представляет собой математическую модель регрессивной модификации биоиндикатора относительно её максимального значения.

При известных значениях G и G_{\max} и индекса загрязнения среды обитания P_c можно определить коэффициент μ их выражения

$$\mu = (\ln G_{\max} - \ln G) / \Delta P_c. \quad (22)$$

Показатель G_{\max} можно определить двумя способами.

Первый опирается на известное в экологии правило Яблокова-Реймерса, согласно которому **«любая сложная система в среднем статистически выносит без нарушения функций изменения не более 11 % её структурных составляющих»**. С учетом этого можно принять $G_{\max} \geq 89 \%$. В этом случае соблюдается инвариантность математической модели биоиндикатора, что позволяет иметь единую сравнительную планку. Второй способ - экспериментальное определение G_{\max} на контрольных (незагрязненных участках) территории.

Графическая модель прогрессивной и регрессивной модификации биоиндикатора может быть представлена в виде кривой, для которой начальное значение аргумента не равно нулю, а имеет определенное положительное значение. В чистой среде, имеются минеральные и органические вещества и растворенный кислород, которые необходимы для жизни биоценоза. Появление в среде обитания ЗВ, среди которых имеются и вещества, употребляемые

биоиндикатором, стимулирует его прогрессивную модификацию. С учетом этого графическая модель жизненности биоиндикатора будет иметь вид, приведенный на рисунке 4.

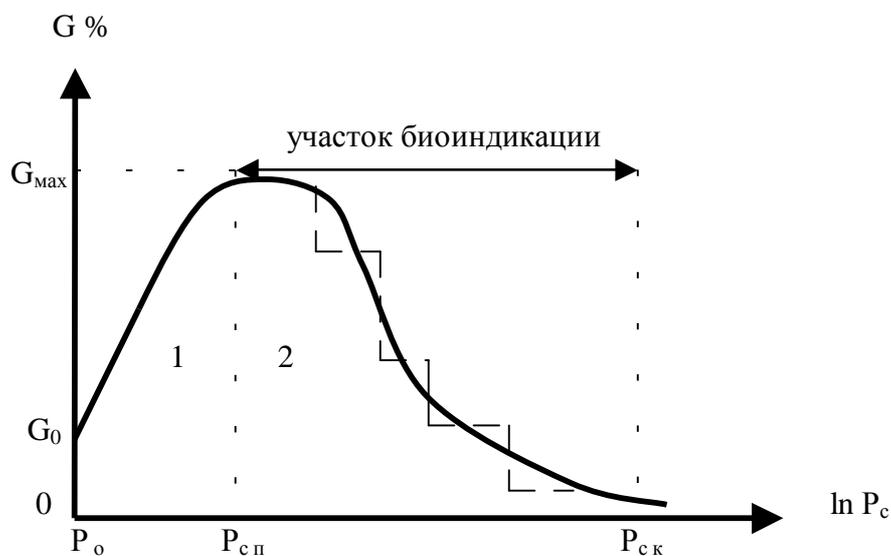


Рисунок 4 – Модель прогрессивной и регрессивной модификации (жизненности) биоиндикатора G в загрязненной среде обитания P_c

Анализ графика рис. 4 показывает, что функциональная зависимость $G = f(P_c)$ может быть аппроксимирована математической моделью вида:

$$G = G_0 \exp - (rP_c + \mu P_c^2). \quad (23)$$

В загрязненной среде жизненность G на участке 1 растет от G_0 до максимума G_{max} , соответствующему пороговому значению P_{cp} . Это участок - прогрессивной модификации биоценоза за счет увеличения питательных (химических, биологических) веществ в ОС. Мы полагаем правомерным распространить приведенную закономерность и на иммунную систему человека, представляющую сложную экосистему, чутко реагирующую на изменение воздействий ЭОФ. В этом случае рост толерантности организма человека на участке 1 происходит за счет индуцирования малыми дозами вредных воздействий (Петров, 1987) ответной реакции иммунной системы.

На участке 2 рост P_c сопровождается регрессивной модификацией биоценоза до критического значения P_{ck} , при котором исчерпывается адаптационный потенциал биоиндикатора и иммунной системы человека. Изменение жизненности происходит скачкообразно (показано пунктиром). Регрессивная модификация сопровождается морфологическими изменениями биоценоза, которые можно наблюдать визуально (визуальная биоиндикация) или измерять инструментально (биотестирование). Изменения иммунного статуса человека могут

быть определены только инструментальными методами медицинской службы в процессе плановых диспансеризаций личного состава военных объектов.

Анализ граничных условий уравнения (22) показывает, что поскольку $G_0 \neq 0$, то $G' = 0$, если $-r + 2\mu P_c = 0$, откуда

$$P_c = r / 2\mu = 0,5 \text{ г/}\mu. \quad (24)$$

Таким образом, значение показателя жизненности биоиндикатора достигает максимума при значении $P_c = 0,5 \text{ г/}\mu$. Эти теоретические положения в последующем уточнялись по результатам полевых сопоставительных экспериментов, т.е. при проведении биоиндикации качества среды обитания на площадках, в которых отбираются и анализируются пробы среды системой наблюдения гидрометеослужбы. Полученные данные подвергались статистическому анализу с вычислением значений коэффициентов r и μ .

Степень загрязнения атмосферного воздуха можно определить визуально по наличию на деревьях (скалах, камнях и др. неподвижных предметах) групп кустистых, листоватых и накипных лишайников. Чувствительность лишайников к индексу P_a может быть выражена весовым коэффициентом: для кустистых $W_k=1$; для листоватых $W_l=0,8$, для накипных $W_k=0,4$. Визуальные морфологические признаки лишайников: кустистых – в виде свисающих ветвей; листоватых - в виде листочков (чешуек), накипных – в виде зернистых образований, плотно сцепленных с субстратом.

Для облегчения идентификации лишайников в комплект принадлежностей для лишайноиндикации имеется лупа с 5 кратным увеличением.

Коэффициент регрессивной модификации лишайников μ_l определялся по результатам лишайноиндикации территории городов Владикавказа, Москвы и Тамбова. Данные группировки и ранжирования результатов лишайноиндикации качества атмосферного воздуха на территории г. Москвы, а также индексы загрязнения атмосферного воздуха P_a приведены в таблице 2.

Таблица 2–Данные группировки и ранжирования показателей P_a , G в Москве

| 1. Группировка и ранжирование данных за 2002 год | | | | | | | | | | |
|--|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| P_a | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 | |
| G_2 | 4 | 15 | 12 | 6 | 5 | 5 | 15 | 5 | 7 | |
| 2. Группировка и ранжирование данных за 2003 год | | | | | | | | | | |
| P_a | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 20 |
| G_3 | 6,5 | 16 | 7 | 6 | 5 | 20 | 10 | 5 | 5 | 5 |
| 3. Группировка и ранжирование данных за 2002-2003 годы | | | | | | | | | | |
| P_a | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| G_1 | 7 | 33 | 20 | 7,5 | 5 | 5 | | | 7 | 5 |

Характер зависимости показателя G от индекса P_a , усредненного за период 2002 - 2003 годы, приведены на рисунке 5.

Рисунок 5 – График функции $G = f(P_a)$

Используя данные табл. 2 можно вычислить по формуле 22 значения коэффициента:

$$\mu_1 = (\ln 16,2 - \ln 4,7) / (12,1 - 3,3) = 1,24 / 8,7 = 0,14;$$

$$\mu_2 = (\ln 20 - \ln 4,7) / (11 - 4) = 1,448 / 7 = 0,21;$$

$$\mu_3 = (\ln 26,2 - \ln 4,7) / (11 - 4) = 1,72 / 4,9 = 0,35.$$

Анализ полученных данных показывает, что коэффициент регрессивной модификации лишайников принимает наибольшее значение для случая интегрирования индекса загрязнения атмосферного воздуха за 2 предыдущих года. Следовательно, лишеноиндикацию территории целесообразно проводить один раз в 2 года, иными словами лишеномониторинг территории нужно проводить периодически через 2 года. Аналогичным образом определен коэффициент μ и для городов Тамбова и Владикавказа. Обобщенные данные коэффициента регрессивной модификации лишайников μ для трех городов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Коэффициент регрессивной модификации лишайников $\mu_{л}$

| Город | Выброс газов g, кг/ г. чел. | Площадь s, контролируемая 1 постом, км ² | Коэффициент $\mu_{л}$ за период | | |
|-------------|--------------------------------|---|------------------------------------|--------|--------|
| | | | 1 год | 2 года | 3 года |
| Москва | 4230 | 62 | 0,14 | 0,35 | 0,21 |
| Тамбов | 87 | 33 | - | 0,63 | - |
| Владикавказ | 416 | 17 | 0,57 | 0,66 | 0,51 |
| Среднее | 1577 | 37 | 0,36 | 0,55 | 0,36 |

Анализ данных, приведенных в табл. 3, показывает, что коэффициент регрессивной модификации лишайников достигает наибольшей величины для всех городов за период интегрирования 2 года. При этом максимум $\mu_{л} = 0,66$ приходится на город Владикавказ, где

на 1 пост наблюдения приходится территория $s = 17 \text{ км}^2$, что в 2 раза меньше чем в Тамбове и в 3,7 раза меньше чем в Москве. Среднее значение для трех городов $\mu_{л} = 0,55$.

Степень загрязнения поверхностных вод можно определить по наличию в них пресноводных моллюсков. Они обитают во всех поверхностных водоемах России, в придонном слое ила, где они находят необходимые питательные вещества. В зависимости от степени загрязненности воды, в которой обитают пресноводные моллюски, они подразделяются на три группы, которым присвоены соответствующие весовые коэффициенты:

олигосапробионты, живут в относительно чистой воде ($W = 1$);

α -мезосапробионты, живут в умеренно загрязненной воде ($W = 0,6$);

β -мезосапробионты, живут в слабо загрязненной воде ($W = 0,4$).

Коэффициент регрессивной модификации пресноводных моллюсков $\mu_{м}$ определен по результатам одновременной биоиндикации и биотестирования Москвы-реки и Рублевского водохранилища. Результаты биоиндикации и биотестирования приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Данные биоиндикации поверхностных вод по состоянию пресноводных моллюсков и биотестирования с помощью прибора «Биотокс-К»

| Показатель | Рублевское водохранилище | Москва река |
|---|--------------------------|-------------|
| Жизненность $G_{\text{ср}}$, ед/м ² | 179,7 | 32 |
| Токсичность $T_{\text{ср}}$, % | 0 | 49 |

Анализ данных, приведенных в табл. 4, показывает, что среднее значение жизненности пресноводных моллюсков $G_{\text{max}} = 179,7$, а $G_{\text{min}} = 32$, токсичность, воды на опытном участке $\Delta T = 49$. Подставив данные в формулу (22), получим:

$$\mu_{м} = (\ln 179,7 - \ln 32) / 49 = 0,11.$$

Степень загрязнения почвы определялась по обитающим в ней беспозвоночным животным. В зависимости от чувствительности к загрязнению почвы беспозвоночные почвенные животные распределены на группы, которым присвоены соответствующие весовые коэффициенты:

- мокрицы живут в относительно чистой почве ($W_{\text{МК}} = 1$);

- дождевые черви, моллюски живут в умеренно загрязненной почве ($W_{\text{МК}} = 0,8$);

- паукообразные живут в слабо загрязненной почве ($W_{\text{ч}} = 0,6$);

- многоножки живут в средне загрязненной почве ($W_{\text{МН}} = 0,4$).

Коэффициент регрессивной модификации беспозвоночных почвенных животных $\mu_{ж}$ определялся по результатам одновременной биоиндикации почвы и определения концентрации тяжелых металлов в почве на территории военного объекта (25 ГосНИИ МО РФ). По концентрациям тяжелых металлов рассчитывался индекс загрязнения $P_{п}$, по данным био-

индикации определялся показатель жизнениости $G_{ж}$ %. Результаты исследования приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Данные химического анализа и биоиндикации почвы

| № участка | Данные химического анализа проб почвы, мг/кг | | | | | | | | Показатель | |
|-----------|--|------|------|------|-------|-------|-------|------|----------------|------|
| | Zn | Pb | Cu | Ni | Fe | Mn | Cr | As | $\Delta P_{п}$ | G % |
| 1 | 87,1 | 28,9 | 66,9 | 79,6 | 10677 | 536,4 | 138,7 | 6,9 | 46,8 | 8,7 |
| 2 | 60,4 | 23,0 | 51,2 | 73,4 | 10007 | 878,4 | 131,9 | 5,97 | 38,5 | 76,2 |

Подставив соответствующие значения G и $\Delta P_{п}$ из табл. 5 в формулу (22), получим:

$$\mu_{бж} = (\ln G_{\max} - \ln G_{\min}) / \Delta P_{п} = (\ln 76,2 - \ln 8,7) / 46,8 - 38,5 = 0,26.$$

Таким образом, коэффициент регрессивной модификации почвенных беспозвоночных животных $\mu_{бж} = 0,26$.

Аналогичным образом были вычислены значения коэффициентов прогрессивной модификации лишайников $r_{л}$, пресноводных моллюсков $r_{м}$ и почвенных беспозвоночных животных $r_{бж}$.

Полученные значения коэффициентов прогрессивной r и регрессивной μ модификации для эколого-математической модели $G = G_0 \exp - (r P_c + \mu P_c^2)$ приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Коэффициенты r - прогрессивной и μ - регрессивной модификации биоиндикатора в загрязненной среде обитания

| Наименование биоиндикатора | Коэффициент r | Коэффициент μ |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|
| Лишайники | 3,7 | 0,55 |
| Пресноводные моллюски | 1,8 | 0,11 |
| Беспозвоночные почвенные животные | 4,3 | 0,25 |

Таким образом, полученные по результатам биоиндикации численные значения коэффициентов r_i и μ_i биоиндикаторов позволяют закономерность жизнениости биоценоза в загрязненной среде обитания представить в окончательном виде для соответствующих биоиндикаторов:

$$\text{лишайников } G_{л} = G_{л0} \exp - (3,7 P_a + 0,55 P_a^2) \quad (25)$$

$$\text{пресноводных моллюсков } G_{м} = G_{м0} \exp - (1,8 P_b + 0,11 P_b^2) \quad (26)$$

$$\text{беспозвоночных почвенных животных } G_{бж} = G_{бж0} \exp - (4,3 P_{п} + 0,25 P_{п}^2) \quad (27)$$

Приведенные эмпирические математические модели позволяют ретроспективно оценивать по результатам биоиндикации численное значение индекса суммарного (интегрального) загрязнения атмосферного воздуха P_a , поверхностных вод P_b и почвы $P_{п}$.

При этом необходимо учитывать, что индекс P рассчитывается не по всему перечню ЗВ, присутствующих в ОС, а лишь по 5 -10 приоритетным ЗВ, концентрация которых в наибольшей степени превышает нормативное значение ПДК.

Поскольку биоиндикаторы контактируют со всеми ЗВ среды своего обитания, то можно предполагать, что показатели индекса загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод и почвы, полученные методами химико-аналитической диагностики, могут быть несколько заниженными.

В дальнейших исследованиях, направленных на повышение эффективности экологического мониторинга целесообразно предусмотреть более широкий спектр городов (военных объектов) для проведения сопоставительных экспериментов по биодиагностике качества ОС.

Глава IV Методы оценки экологического состояния территории военного объекта

Метод прогноза возможных зон экологической аномалии предусматривает определение по топографической карте мест, где при обтекании загрязненным воздушным потоком ландшафта, образуются вихревые участки, в которых возможно скопление ЗВ. Такие участки названы нами зонами экологической аномалии (ЗЭА), рис. 6.

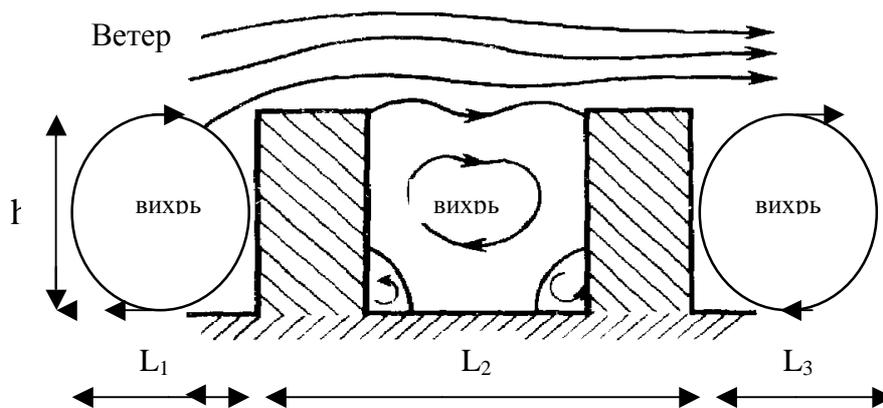


Рисунок 6 – Зона экологической аномалии: L_1, L_2, L_3 – длина вихревых зон;
 h – высота препятствия

Анализ данных, приведенных на рис. 6 показывает, что общая длина ЗЭА в господствующем направлении ветра определяется суммой размеров вихревых зон.

$$L = k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3.$$

Численные значения коэффициентов вихреобразования k_i заимствованы из данных обдувания макетов городских застроек в аэродинамической трубе МГУ им. М.В. Ломоносова: $k_1 = 6$, $k_2 = 1$, $k_3 = 8$. С учетом значения коэффициентов вихреобразования имеем:

$$L = (6 h + L_2 + 8 h) \delta_i, \quad (28)$$

где δ_i – коэффициент продуваемости препятствия ($0 < \delta_i \leq 1$).

Коэффициент продуваемости d_{II} для населенных пунктов рассчитывается по формуле:

$$d_{II} = \frac{\sum f_i}{F_k}. \quad (29)$$

где f_i – площадь i -го здания (в плане) m^2 ;

h_i – высота i -го здания, м;

F_k – площадь квартала застройки, m^2 .

Для лесных массивов в качестве d_{II} принимается коэффициент сомкнутости крон деревьев δ , значения которых приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Густота леса и коэффициент δ при известном диаметре кроны дерева d_k

| Густота леса | Расстояние между кронами, Δ м | Коэффициент δ |
|-----------------|--------------------------------------|----------------------|
| Густой | менее $0,3 d_k$ | от 0,5 до 1,0 |
| Средней густоты | от $0,3$ до $1 d_k$ | от 0,5 до 0,25 |
| Редкий | от $1 d_k$ до $2 d_k$ | от 0,25 до 0,1 |

Для населенного пункта приведенная высота $h_{пр}$ определяется по формуле:

$$h_{пр} = \frac{\sum f_i \cdot h_i}{F_k}, \quad (30)$$

Величина шага $L_{ш}$ между площадками лихеноиндикации определяется по формуле:

$$L_{ш} = \sum L_i / n, \quad (31)$$

где L_i – длина i -ой ЗЭА, м;

n – число прогнозируемых ЗЭА.

Данные прогноза ЗЭА могут использоваться для планирования мероприятий защиты населения (личного состава войск) от воздействия загрязненной ОС на территории.

Метод лихеноиндикация качества атмосферного воздуха основан на сравнении показателя жизненности лишайников с максимально возможным значением. Основной измерительный инструмент – палетка, которая имеет квадратную рамку, внутренний размер которой 10×10 см. В рамку вплетена сетка с ячейками 1×1 см, всего ячеек 100. На палетке имеется

ручка длиной 10 см. Площадь рамки палетки, покрытая данной группой лишайников S_i , определяется по формуле:

$$S_i = X_{\text{пп}} + Y_{\text{чп}} / 2 (\%) \quad (32)$$

где $X_{\text{пп}}$ - число клеток палетки, которые полностью покрыты лишайником;

$Y_{\text{чп}}$ - число клеток палетки, которые частично покрыты лишайником.

Критерии экологического состояния территории по лишайникам, приведены в табл. 8.

Таблица 8 - Критерии оценки территории по показателю жизненности лишайников $\bar{G}_л$

| Группа лишайников | Класс загрязнения воздуха | Жизненность \bar{G} % | Экологическое состояние территории |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Кустистые | 1 - чистый | от 100 до 50 | отличное |
| Кустистые | | от 49 до 10* | благоприятное |
| Листоватые | 2 - слабо загрязнен | от 100 до 50 | хорошее |
| Листоватые | | от 49 до 10* | удовлетворительное |
| Накипные | 3 - средне загрязнен | от 100 до 50 | напряженное |
| Накипные | | от 49 до 10* | критическое |
| Лишайников нет | 4 - сильно загрязнен | | кризисное |

* при $\bar{G} < 10\%$ пользуются шкалой менее чувствительного лишайника.

Метод биоиндикация качества воды основан на сравнении состояния пресноводных моллюсков в прибрежном иле исследуемого и контрольного водоемов. Метод предусматривает разбивку не менее 10 площадок биоиндикации вдоль противоположных берегов водоема в прибрежной части, глубина которой не должна превышает 70 см. Размер площадки 1 м^2 , которая по углам обозначается вешками. Интервал между площадками рекомендуется выбирать в пределах 200-250 м, сообразуясь по месту, где имеется мелководье. Сбор пресноводных моллюсков в пределах площадки осуществляется с помощью сачка, который состоит из рамки с сеткой и рукоятки.

Рамка размером 10×15 см изготовлена из стальной проволоки диаметром 6 мм. На неё надет сетчатый мешочек из полимерного материала с размером ячеек 5×5 мм. Длина мешочка 30 см. Моллюски собираются путем зачерпывания сачком прибрежного ила толщиной 1,5-2 см. Содержимое сачка высыпается на полимерную пленку размером 1 м^2 .

Собранные моллюски помещаются в прозрачный целлофановый пакет размером 25×35 см. После идентификации моллюсков, они вместе с илом возвращаются в водоем. Аналогичным образом проводится биоиндикация контрольного водоема.

Качество воды оценивается путем сравнения средних значений показателя жизненности биоиндикаторов на опытном участке $\bar{G}_{\text{мо}}$ с данными, полученными на контрольном участке $\bar{G}_{\text{мк}}$ по формуле

$$\Delta \bar{G}_м = (\bar{G}_{\text{мк}} - \bar{G}_{\text{мо}}) / \bar{G}_{\text{мк}} 100\% \quad (33)$$

Полученное значение $\Delta \bar{G}_м$ сравнивается с критериями, приведенными в таблице 9.

Таблица 9 – Критерии оценки качества воды по состоянию пресноводных моллюсков

| Снижение жизненности относительно нормы | Параметры критерия экологического состояния почвы | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-----------|------------------|
| | благоприятная | напряженная | критическая | кризисная | катастрофическая |
| $\bar{G}_{\text{бж}}$ % | менее 11 | 11 - 25 | 26 - 50 | 51- 80 | более 80 |

Метод биоиндикации качества почвы основан на сравнении показателя жизненности беспозвоночных почвенных животных на исследуемом и контрольном участках. Для этого на исследуемом и контрольном участках разбиваются площадки биоиндикации размером 5×5 м. На каждой делается 5 прикопов почвы с помощью малой саперной лопатки. Прикопы располагаются «конвертом» (4 – по углам и 1 по центру). Размер прикопа 25×25 см, глубиной 20 см. Почва прикопа помещается на полимерную пленку размером 1 м² и разрыхляется. Найденные животные с помощью пинцета помещаются в прозрачные пакеты. Данные биоиндикации на опытном участке $\bar{G}_{\text{жо}}$ сравниваются с данными биоиндикации на контрольном участке $\bar{G}_{\text{жк}}$ по формуле

$$\Delta \bar{G}_{\text{ж}} = (\bar{G}_{\text{жк}} - \bar{G}_{\text{жо}}) / \bar{G}_{\text{жк}} 100 \%. \quad (34)$$

Качество почвы оценивается по критериям, приведенным в таблице 9.

Метод оценки состояния здоровья личного состава основан на определении риске заболеваемости (Постановление Главного санитарного врача РФ, 2001). Одинаковые социально-экономические условия личного состава военных объектов (единый режим функционирования) позволяет исключить их из рассмотрения, а ограничиться лишь комплексным воздействием на личный состав ЭОФ. Было установлено (Бадтиев, Моксяков и др., 1989; Калабеков, 2003), что показатель здоровья Z населения не коррелирует с конкретным ЗВ окружающей среды, поэтому в качестве аргумента был выбран интегральный показатель загрязнения атмосферного воздуха P_a и проведен корреляционный анализ обоих показателей. Исходные данные для РСО – Алалия приведены в таблице 10.

Таблица 10– Среднегодовые показатели заболеваемости населения и индексы загрязнения атмосферного воздуха в РСО–Алалия за период 1985 -1995 годы.

| Город Владикавказ | Административные районы РСО - Алалия | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|---------------|-------------|
| | Алагирский | Ардонский | Дигорский | Ирафский | Кировский | Моздокский | Правобережный | Пригородный |
| Нарушение репродуктивной функции женщин ($Z_{\text{РФЖ}}$ на 1000 населения) | | | | | | | | |
| 44/1,9 | 24/1,0 | 50/2,2 | 18/0,8 | 37/1,6 | 28/1,2 | 39/1,7 | 34/1,5 | 29/1,3 |
| Младенческая смертность ($Z_{\text{МС}}$ на 1000 детей) | | | | | | | | |
| 17/1,2 | 18/1,3 | 16/1,1 | 16/1,1 | 13/0,9 | 14/1,0 | 14/1,0 | 17/1,2 | 18/1,3 |
| Врожденные пороки развития ($Z_{\text{ВПР}}$ на 1000 детей) | | | | | | | | |
| 12/3,0 | 4/1,0 | 5/1,3 | 4/1,0 | 3/0,8 | 5/1,3 | 8/2,0 | 16/4,0 | 5/1,3 |

Примечание – в знаменателе указано среднегодовое значение индекса загрязнения атмосферного воздуха P_a .

Анализ данных, приведенных в табл. 10 показывает, что с ростом индекса загрязнения P_a наблюдается рост показателей РФЖ, МС и ВПР. Оценка силы связи между этими показателями оценивалась по величине коэффициента корреляции, которая подразделяется на сильную ($R > 0,7$), среднюю ($0,3 < R < 0,7$) и слабую ($R < 0,3$). Коэффициент парной корреляции R между показателями P_a и Z_i определялись по формуле:

$$R_{G,Z} = 1/n (\sum P_a Z_i - \overline{P_a} \overline{Z_i}) / \sigma_P \sigma_Z, \quad (35)$$

где $R_{P,Z}$ – коэффициент корреляции между показателями P_a и Z_i ;

σ_P, σ_Z – среднеквадратическое отклонение показателей P_a и Z_i .

Среднеквадратическая ошибка коэффициента корреляции R определяется по формуле:

$$\sigma_r = \frac{1 - R^2}{\sqrt{n}}, \quad (36)$$

где n – число наблюдений.

Результаты корреляционного анализа приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Данные корреляционного анализа Z_i и P_a в г. Владикавказе в 1985 – 1995 г.г.

| Показатель | Нарушение репродуктивной функции женщин $Z_{рфж}$ | Младенческая смертность $Z_{мс}$ | Врожденные пороки развития $Z_{впр}$ |
|---------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|
| P_a | 1,5 | 1,1 | 1,7 |
| Z_i | 33,7 | 15,9 | 6,9 |
| R_i | 0,87 | 0,72 | 0,41 |
| σ_{Ri} | 0,08 | 0,16 | 0,27 |

Анализ данных табл. 11, показывает, что между показателями $Z_{рфж}$ и P_a , $Z_{мс}$ и P_a существует сильная корреляционная связь ($R > 0,7$).

График функции $Z_{рфж} = f(P_a)$ для г. Владикавказа показан на рис. 7.



Рисунок 7 - График функции $Z_{рфж} = f(P_a)$

Анализ данных рис. 7 показывают, что

$$Z_{\text{рфж}} = 23,8 P_a - 2,4, (1 \leq P_a \leq 3). \quad (37)$$

График функции $Z_{\text{впр}} = f(P_a)$ для г. Владикавказа показан на рис. 8.

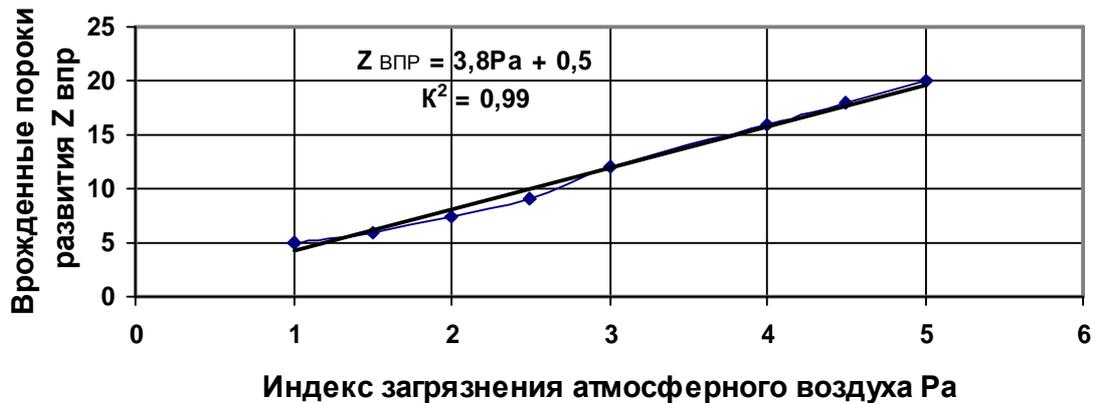


Рисунок 8 – График функции $Z_{\text{впр}} = f(P_a)$

Анализ данных рис. 8 свидетельствует, что показатель

$$Z_{\text{впр}} = 0,5 + 3,84 P_a, (1 \leq P_a \leq 5). \quad (38)$$

График функции $Z_{\text{мс}} = f(P_a)$ для г. Владикавказа показан на рис. 9.

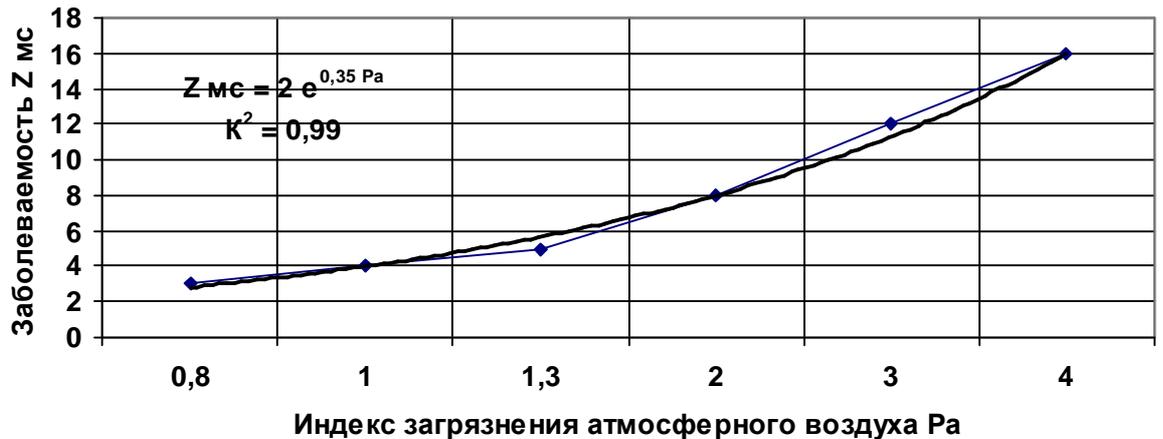


Рисунок 9 – График функции $Z_{\text{мс}} = f(P_a)$

Анализ графика рис. 9 показывает, что функция $Z_{\text{мс}} = f(P_a)$ аппроксимируется степенной зависимостью вида

$$Z_{\text{мс}} = 2 \exp 0,35 P_a, (0,8 \leq P_a \leq 4). \quad (39)$$

Таким образом, между показателями Z_i и P_a существует средняя и сильная корреляционная связь, при достоверности аппроксимации $K^2 = 0,99$. В качестве контрольного фона принималась среднее наименьшее величин МС, ВПР и РФЖ не менее чем в трех участках

(районах) города за десять лет. При этом использовалось существующее закрепление участков территории города за поликлиниками. Исходные данные приведены в табл. 12.

Таблица 12 - Выброс газов автотранспортом Q и заболеваемость Z_i детей в г. Москве.

| Годы | Выброс газов автотранспортом, Q_i тыс.т/г | Заболеваемость врожденными аномалиями, $Z_{ва}$ (на 1000 новорожденных) | Заболеваемость нервной системы, $Z_{нс}$ (на 1000 детей) |
|----------------|---|---|--|
| 1991 | 506,4 | 34,0 | 116,0 |
| 1992 | 467,3 | 43,5 | 147,0 |
| 1993 | 543,4 | 58,5 | 160,0 |
| 1994 | 585,8 | 66,3 | 176,0 |
| 1995 | 735,8 | 70,4 | 174,0 |
| 1996 | 821,5 | 75,0 | 192,0 |
| 1997 | 896,0 | 84,2 | 198,0 |
| 1998 | 958,4 | 84,4 | 207,0 |
| Среднее | 689,3 | 64,5 | 171,0 |
| s (среднего) | $\pm 176,6$ | $\pm 10,8$ | $\pm 27,9$ |

Для текущего года коэффициент корреляции $R_{Q,Z} = 0,3$, что свидетельствует о слабой связи между Q и Z . Однако когда сравнивались данные $Z_{ва}$ текущего года с данными Q предыдущего года (сдвиг данных $Z_{ва}$ вперед на 1 год), то коэффициент корреляции $R_{G,Z_{ва}} = 0,82$, что соответствует сильной корреляционной связи между показателями. Среднеквадратическая погрешность коэффициента корреляции $\sigma_R = 0,12$. Полученные данные подтверждают отрицательное влияние отработавших газов автомобилей на плод в период его внутриутробного развития. Характер зависимости $Z_{ва}$ от показателя Q приведен на рис. 10.



Рисунок 10 – График функции $Z_{ва} = f(Q)$.

Анализ графика рис. 10 показывает, что зависимость между $Z_{ва}$ и Q аппроксимируется линейным уравнением

$$Z_{ва} = 6,93 Q + 33,3. \quad (467 \leq Q \leq 958). \quad (40)$$

Коэффициент корреляции между показателями Z_{nc} и Q $R_{Q,Z_{nc}} = 0,92$, что соответствует сильной корреляционной связи. График зависимости Z_{nc} от показателя Q приведен на рис.11.

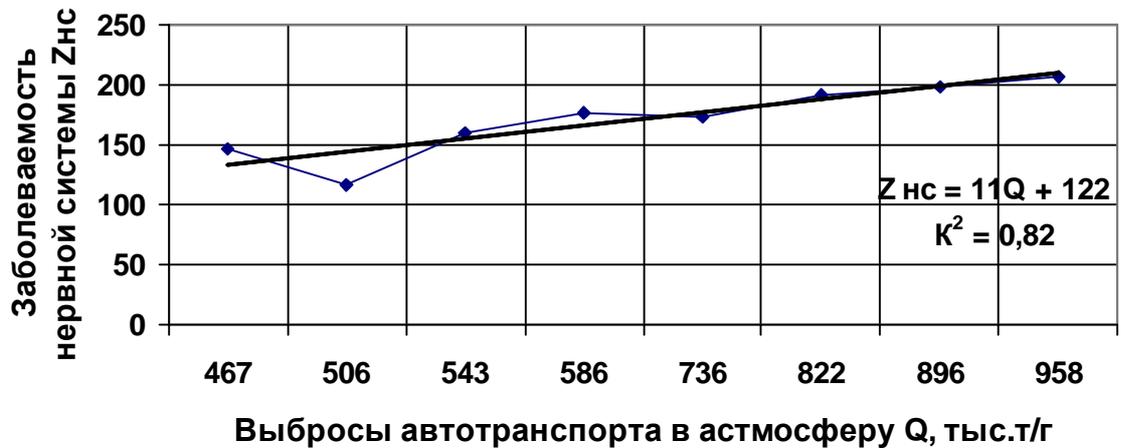


Рисунок 11 – График функции $Z_{nc} = f(Q)$.

Анализ графика рис. 11 показывает, что зависимость между Z_{nc} и Q аппроксимируется линейным уравнением

$$Z_{ва} = 122 + 11 Q. \quad (467 \leq Q \leq 958). \quad (41)$$

Таким образом, подтверждена сильная корреляция между заболеваемостью населения и индексом загрязнения атмосферного воздуха.

Воздействие загрязненной ОС на население можно оценивать по величиной риска здоровью человека (R_i), который можно выразить произведением индекса комплексного воздействия ОС ($P_{комп}$) на величину вызванного им ущерба (Y).

$$R_i = P_{комп} \cdot Y. \quad (42)$$

Примем в качестве ущерба относительное значение снижения иммунного статуса человека $Y = \Delta I_{чi}$ в результате комплексного воздействия ЭОФ.

$$\Delta I_{чi} = (I_{чн} - I_{чi}) / I_{чн}, \quad (43)$$

где $I_{чн}$ - иммунный статус здорового человека (норма);

$I_{чi}$ – текущее значение иммунного статуса человека.

Тогда относительное изменение показателя риска здоровью человека примет вид:

$$R_i = P_{комп} (1 - I_{чi} / I_{чн}). \quad (44)$$

В результате исследований по программе «Иммунный статус человека» для 19 территориальных регионов СНГ удалось выделить средние региональные показатели иммунитета здорового человека:

- Т - лимфоцитов – $61,5 \pm 0,07 \%$;
- В - лимфоцитов – $13,7 \pm 0,16 \%$;
- Иммуноглобулина М = $1,27 \pm 0,06$ г/л;
- Иммуноглобулина G = $12,50 \pm 0,18$ г/л;
- Иммуноглобулина, А = $2,06 \pm 0,04$ г/л.

Пусть I_g - интегральный показатель иммуноглобулинов, а L_f – интегральный показатель лимфоцитов, тогда их относительные значения будут:

$$J_G = \frac{M}{M+G+A} + \frac{G}{M+G+A} + \frac{A}{M+G+A}; \quad (45)$$

$$J_L = \frac{T}{T+B} + \frac{B}{T+B}. \quad (46)$$

С учетом численных значений показателей М, G, А, Т, В для здорового человека, получим: $J_G = 0,08 + 0,79 + 0,13 = 1,0$; $J_L = 0,82 + 0,18 = 1,0$. Таким образом, относительный интегральный показатель иммунного статуса здорового человека (норма) $J_{чн} = J_G + J_L = 2,0$. С учетом этого получим:

$$R_i = P_{зоф} (1 - 0,5 J_{чн}) = 0,5 P_{зоф} (2 - J_{чн}). \quad (47)$$

Анализ граничных условий выражения (47) показывает, что его производная $R_i' = 0$ при $P_{зоф} = 0$. Это значит, что в чистой среде обитания риск здоровью человека равен нулю. Пользуясь правилом «11 %» (Реймерс, Яблоков, 1997) можно за экологически допустимый уровень ($\text{ЭДУ}_ч$) изменение структуры иммунной системы принять

$$\text{ЭДУ}_{чн} = J_{чн} + 0,11 \cdot J_{чн} = 2 + 0,11 \cdot 2 = 2,22. \quad (48)$$

Снижение эффективности экосистемы на 25 - 50 % считается критическим, а на 50 % и более – катастрофическим (Захаров, 2001).. С учетом этого примем контрольные точки на оси критериев риска здоровью человека: нормальное состояние $R_{чн} \leq 11 \%$; критическое состояние $25 \% < R_k < 50 \%$; катастрофическое состояние $R_{кат} > 50 \%$.

Эти данные позволили разработать критерии оценки экологической обстановки по риску здоровью человека, которые приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Критерии оценки экологической обстановки на территории по риску здоровью

| Показатель | Параметры критерия экологической ситуации | | | | |
|------------|---|-------------|-------------|-----------|------------------|
| | $\text{ЭДУ}_ч$ | напряженная | критическая | кризисная | катастрофическая |
| $R_{ч} \%$ | 2,5 - 11 | 12-24 | 25-39 | 40 - 50 | более 50 |

Глава V Апробация разработанных методов оценки экологической обстановки

Результаты прогноза вихревых зон, проведенные на территории Кунцевского района Москвы, где расположен военный объект, и где удачно сочетаются городской и сельский ландшафты, перепад высот рельефа, наличие водных объектов и лесопарковых зон, приведены в таблице 14.

Таблица 14 - Результаты определения вихревых зон на участке Кунцевского района Москвы.

| Вид ландшафта | Средние показатели городского квартала, м | | |
|---------------------------|---|--------------------------|-------------------------|
| | высота препятствия h | перепад высот ΔH | длина вихревой зоны L |
| Холмистый (Крылатское) | 48 | 100 | 650 |
| Лесопарк (Фили – Кунцево) | 20 | 60 | 430 |
| Городская застройка | 29 | 0 | 43 |

Анализ данных табл. 14, показывает, что на исследуемом участке местности размер вихревых зон L в городской застройке варьирует от 29 до 43 м, в лесопарковой зоне от 20 до 430 м, а в холмистой зоне от 48 до 650 м. В этих зонах возможно образования ЗЭА.

Результаты лишеноиндикации территории г. Москвы в сопоставлении со среднегодовыми индексами загрязнения атмосферного воздуха приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Данные лишеноиндикации атмосферного воздуха в г. Москве

| Номер и адрес стационарного поста ГУ Московский ЦГМС-Р наблюдения за состоянием атмосферного воздуха | Среднегодовой индекс P_a | | | \bar{G} листоватых лишайников % за 2004 г. |
|--|----------------------------|--------|---------|--|
| | 2002г. | 2003г. | среднее | |
| 1 – Всероссийский выставочный центр | 2,69 | 3,13 | 3,0 | 5,8 |
| 2 - Овчинниковская набережная, 1 | 6,65 | 7,10 | 6,9 | 5,2 |
| 18 - Сухаревская площадь, 10/31 | 8,07 | 9,75 | 8,9 | 5,1 |
| 19 - улица Бутырская, 89 | 6,29 | 4,04 | 5,2 | 6,7 |
| 20 - Варшавское шоссе, 32 | 15,73 | 20,38 | 18,1 | 7,4 |
| 21 - Вишняковский переулок, 8 | 8,75 | 9,68 | 9,2 | 14,8 |
| 22 - улица Полярная, 8 | 3,72 | 5,34 | 4,5 | 7,2 |
| 23 - улица Шоссейная, 36 | 3,18 | 2,45 | 2,8 | 2,1 |
| 25 - улица Народного ополчения, 19 | 4,89 | 7,72 | 6,3 | 19,6 |
| 26 - улица Туристская, 15 | 3,46 | 3,38 | 3,4 | 10,0 |
| 27 - улица Чертановская, 21 | 4,41 | 3,32 | 3,9 | 32,7 |
| 28 - улица Долгопрудная, 13 | 5,22 | 5,21 | 5,2 | 3,7 |
| 33 - улица Ивантеевская, 4/1 | 6,27 | 13,09 | 9,7 | 5,1 |
| 34 - Можайское шоссе, 20 | 9,63 | 12,08 | 10,9 | 4,7 |
| 38 - улица Братеевская, 27 | 3,91 | 2,15 | 3,0 | 10,8 |

Сравнение данных табл. 15 с критериями табл. 8 показывает, что на 10 постах показатель жизненности листоватых лишайников $G_L < 10\%$ (это дает основание оценивать экологическое состояние территории по шкале накипных лишайников), что соответствует напряженной экологической ситуации. Ареал этой территории обозначен на рисунке 12.

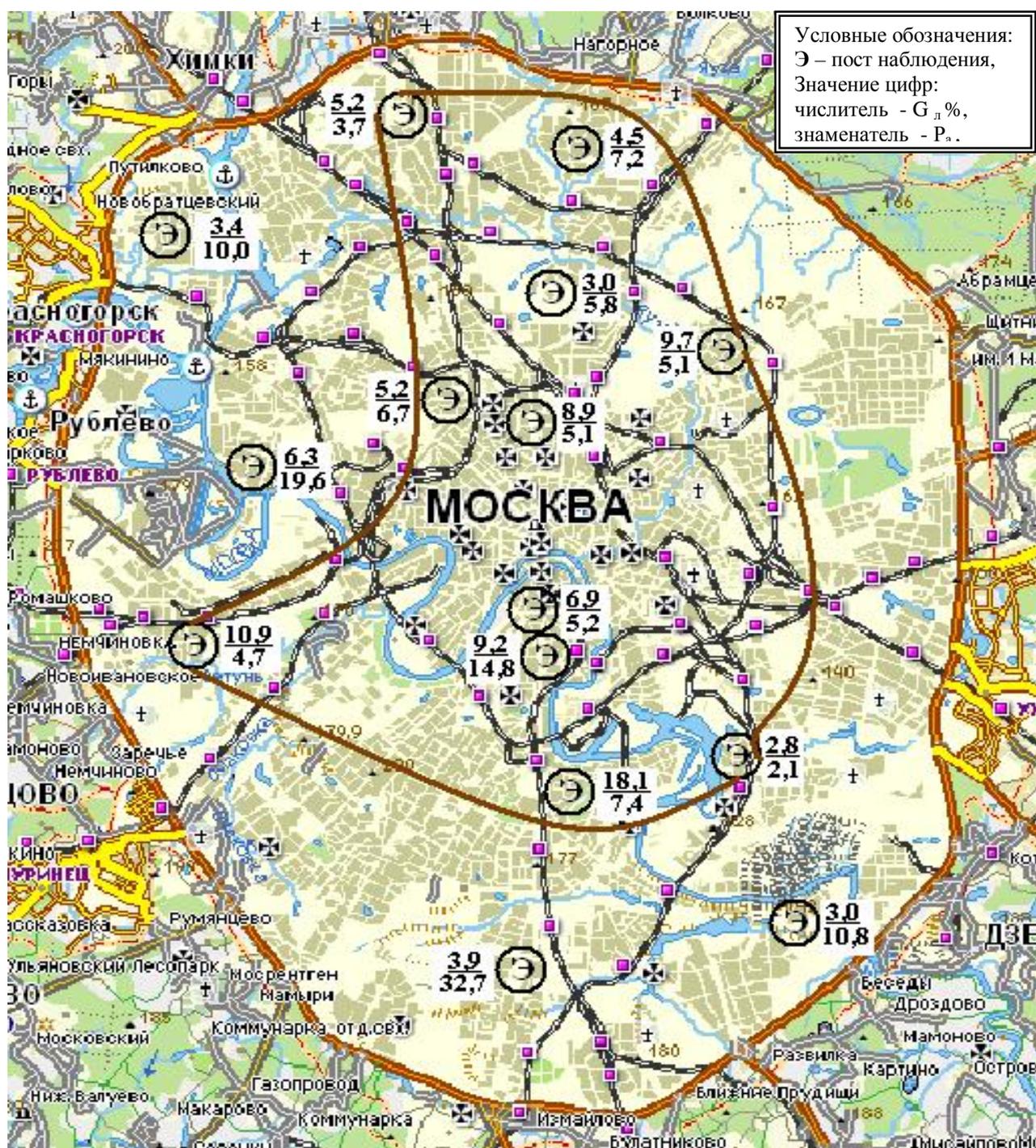


Рисунок 12 – Зона напряженной экологической обстановки на территории г. Москвы

Анализ данных рис. 12 показывает, что по состоянию лишайников центральная часть территории города (обозначена плавной кривой, огибающей посты с показателем $G_{л} < 10\%$) может быть отнесена к зоне с **напряженной экологической обстановкой**.

На остальной, периферийной части территории экологическое состояние может быть оценено как **удовлетворительное**.

Результаты лишеноиндикации г. Владикавказ приведены в таблице 16 и на рис. 13.

Таблица 16 - Результаты лишеноиндикации территории в городе Владикавказе.

| № | Адрес площадки биоиндикации | Лишайники | Показатель \bar{G} % |
|---|---------------------------------|------------|------------------------|
| 1 | ул. Иристонская, 25 | 0 | 0 |
| 2 | ул. 4-ая Промышленная, 3 | 0 | 0 |
| 3 | Дом культуры «Металлург» | 0 | 0 |
| 4 | Угол ул. Толстого и ул. Маркуса | 0 | 0 |
| 5 | Угол ул. Куйбышева и Тамаева | 0 | 0 |
| 6 | ул. Пушкинская (Автовокзал) | 0 | 0 |
| 7 | Сапицкая будка | накипной | 67 |
| 8 | Проспект Коста (Водная станция) | листоватый | 8 |
| 9 | Сквер генерала Плиева | листоватый | 20 |



Рисунок 13 – Карта лишеноиндикации санитарно-защитной зоны в г. Владикавказе

Анализ данных табл. 16 показывает, что санитарно-защитная зона заводов «Электроцинк» и «Победит» представляет «лишайниковую пустыню», что категоризируется как ЗЭА, площадь которой более 10 км². На рис. 13 ЗЭА изображена пунктирной линией.

Результаты лишеноиндикация Тамбова приведены в таблице 17.

Таблица 17- Данные лишеноиндикации воздуха в санитарно-защитной зоне г. Тамбова

| № площадки | Вид лишайников | Класс загрязнения воздуха | Показатель жизнестойкости лишайников \bar{G} % | | | |
|------------|----------------|---------------------------|--|--------|--------|-------------|
| | | | пост 1 | пост 2 | пост 3 | среднее |
| 1 | листоватый | 2 | 40 | 18 | 18 | 25,3 |
| 2 | листоватый | 2 | 5 | 14 | 2 | 3,7 |
| 3 | листоватый | 2 | 2 | 92 | 16 | 36,7 |
| 4 | листоватый | 2 | 2 | 25 | 8 | 11,5 |
| 5 | листоватый | 2 | 23 | 88 | 0 | 37,0 |
| Среднее | | 2 | 14,4 | 45,4 | 8,8 | 22,8 |

Сравнение данных табл. 17 с критериями табл. 8 показывают, что в санитарно-защитной зоне г. Тамбова $\bar{G}_л = 22,8$ %, что соответствует **удовлетворительной** экологической ситуации. При этом в районе озер-отстойников сточных вод завода «Пигмент» обнаружена ЗЭА, размер которой составляет 500×200 м.

Данные лишеноиндикации в центральной части города и природного заказника «Лысые горы» приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Данные лишеноиндикации контрольного участка и центра г. Тамбова

| № дерева | Тип лишайника | Класс загрязнения | Показатель \bar{G} % | Тип лишайника | Класс загрязнения | Показатель \bar{G} % | | |
|----------------------------------|---------------|-------------------|------------------------|---------------|-------------------|------------------------|-----------|-------------|
| | | | | | | участок 1 | участок 2 | среднее |
| Лысые горы (контрольный участок) | | | | Центр города | | | | |
| 1 | кустистый | 1 | 100 | листоватый | 2 | 6 | 10 | 8,0 |
| 2 | кустистый | 1 | 100 | листоватый | 2 | 73 | 4 | 38,5 |
| 3 | кустистый | 1 | 52 | листоватый | 2 | 99 | 5 | 52,5 |
| 4 | кустистый | 1 | 70 | листоватый | 2 | 28 | 20 | 24,0 |
| 5 | кустистый | 1 | 40 | листоватый | 2 | 89 | 9 | 49,0 |
| 6 | кустистый | 1 | 100 | Среднее | | 59 | 9,6 | 34,3 |
| Среднее | | 1 | 77 | | | | | |

Сравнение данных табл. 18 с критериями табл. 8 показывают, что в Лысых горах **отличная экологическое состояние** территории, в центре Тамбова - **удовлетворительная** экологическая ситуация. Зона с критической экологической ситуацией или ЗЭА на территории Тамбова показана прямоугольником на карте, которая приведена на рисунке 14.

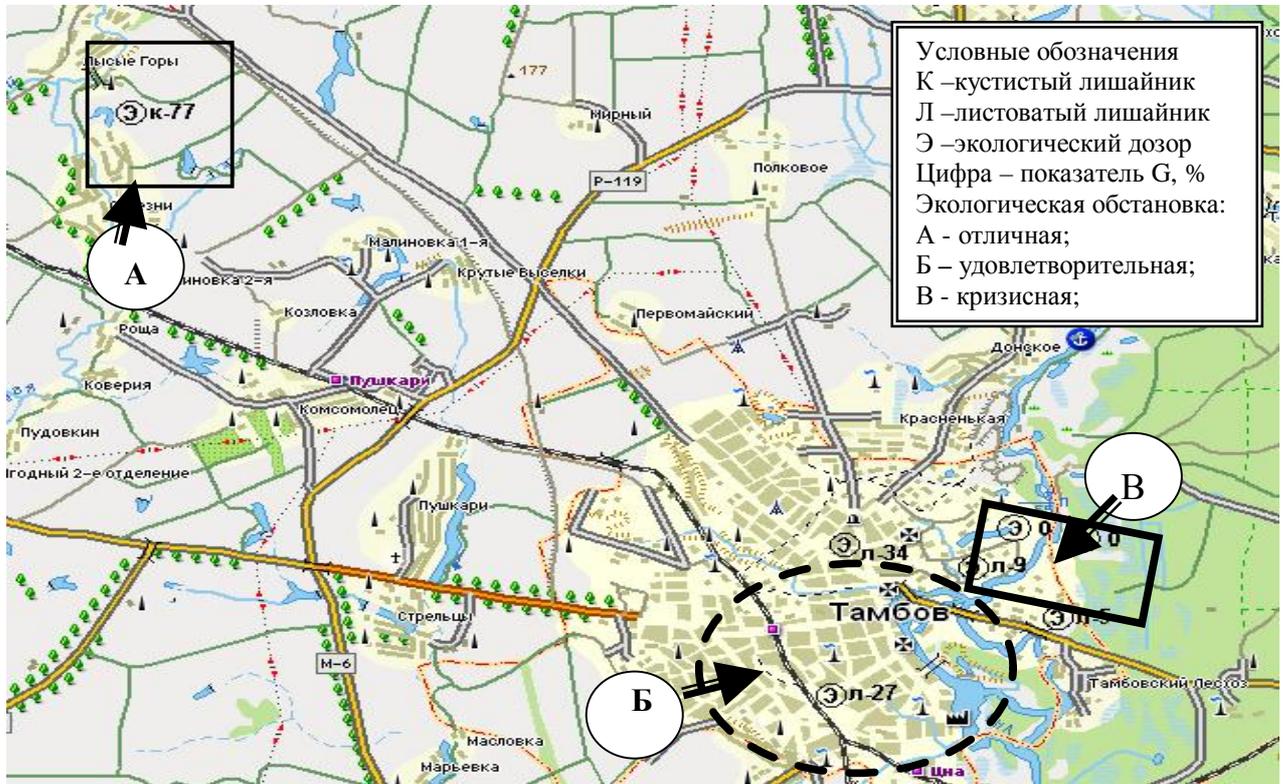


Рисунок 14 – Лихеноиндикация территории г. Тамбова и заказника «Лысье горы»: А – заказник; Б – центр города; В – ЗЭА в санитарно-защитной зоне завода «Пигмент»

Результаты лихеноиндикация территории горных ущелий Северной – Осетии–Алании приведены на рис. 15 и в таблице 19.

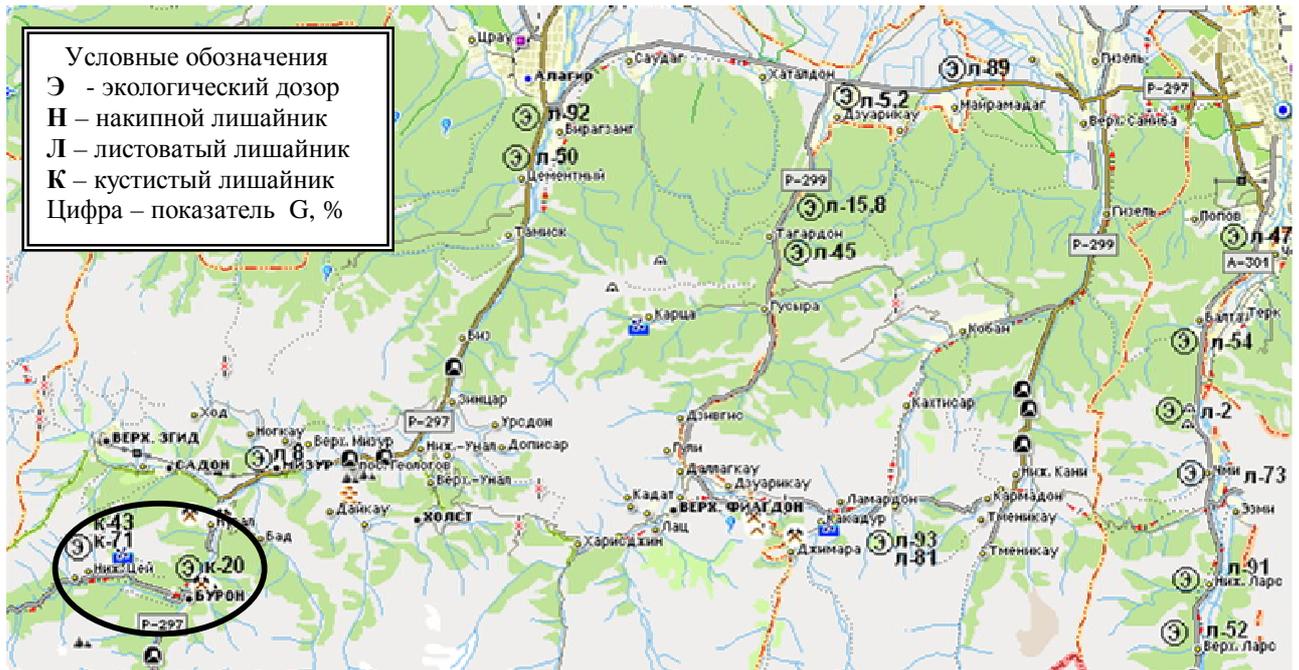


Рисунок 15 - Карта лихеноиндикации горных ущелий РСО - Алания (овалом обозначен Цейский участок с кустистыми лишайниками)

Таблица 19 – Данные лишеноиндикации территории горных ущелий РСО - Алания

| № | Адрес площадки лишеноиндикации | Лишайники | \bar{G} % |
|----------------------------------|---|------------|-------------|
| Куртатинское и Даргавское ущелья | | | |
| 1 | с. Майрамадаг у автомагистрали | листоватые | 88,6 |
| 2 | с. Дзуарикау у автомагистрали | листоватые | 5,2 |
| 3 | 10 км ю-з. с. Дзуарикау | листоватые | 15,8 |
| 4 | 15 км ю-з. с. Дзуарикау (валун над рекой) | листоватые | 44,7 |
| 5 | Высокогорное село Даргавс | листоватые | 92,8 |
| 6 | «Городок Мертвых» | листоватые | 80,5 |
| Дарьяльское ущелье | | | |
| 7 | Санаторий «Осетия» | листоватый | 46,8 |
| 8 | с. Балта | листоватый | 54 |
| 9 | 10 км южнее с. Балта | листоватые | 2 |
| 10 | с. Чми | листоватые | 72,8 |
| 11 | с. Нижний Ларс | листоватые | 91 |
| 12 | Река Белая (пост ГИБДД) | листоватые | 52 |
| Алагирское ущелье | | | |
| 13 | 8 км ю-з. г. Алагира | листоватые | 92 |
| 14 | 18 км ю-з. г. Алагира | листоватые | 50 |
| 15 | Хвостохранилище 1 км ю-з. с. Мизур | листоватые | 8 |
| Цейское ущелье | | | |
| 16 | 2 км севернее пос. Бурон | кустистые | 20 |
| 17 | Сейсмостанция РАН (высота 2 000 м) | кустистые | 43 |
| 18 | Альплагерь «Цей» (высота 2070 м.) | кустистые | 71 |

Сравнение данных табл. 19 с критериями табл. 8 показывает, что экологическая ситуация во всех исследованных ущельях изменяется от **хорошей** до **удовлетворительной**. И только в Цейском ущелье (высота над уровнем моря более 2000 м) экологическая ситуация меняется от благоприятной ($\bar{G}_k \leq 50$) до отличной ($\bar{G}_k \geq 50$) на рис. 15 обозначена овалом.

Результаты биоиндикации на военных объектах приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Данные биоиндикации территории военных объектов

| Показатель | Данные жизнениости биоиндикатора на объектах: | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------|------|---------|----|------|----------|------|------|---------|----|-----|
| | Чкаловское | | | Кубинка | | | Северный | | | Алабино | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Жизненность листоватых лишайников | | | | | | | | | | | | |
| $\bar{G}_л$ % | 7 | 52 | 30 | 57,6 | 54 | 49,2 | 51 | 58 | 25* | 80 | 60 | 47 |
| $\bar{G}_{лво}$ % | 29 | | | 53,6 | | | 45 | | | 55 | | |
| Жизненность беспозвоночных животных | | | | | | | | | | | | |
| $\bar{G}_ж$ % | 12,8 | 59,5 | 32,1 | - | - | - | - | 0,75 | 1,7* | 3,2 | - | 0,8 |
| $\bar{G}_{жво}$ % | 34 | | | - | | | 1,22 | | | 2 | | |

Примечания: 1- жилой городок, 2- техническая территория, 3- склад ГСМ;

* санитарно - защитная зона.

Сравнение данных табл. 20 с критериями табл. 8 показывает, что экологическое состояние территории по показателю $\bar{G}_л$: в Чкаловском и Северном - **удовлетворительное**; Ку-

бинке и Алабино – **хорошее**. Снижение показателя $\Delta \bar{G}_{ж}$ относительно $\bar{G}_{max} = 59,6$ ед/м² составило: в Чкаловском 43 %; в Алабино 97 %; в Северном 98 %. Сравнение их с критериями табл. 9 состояние почвы: в Чкаловском (жил. городок, склад ГСМ) – **критическое**, в Северном и Алабино (техническая территория) – **катастрофическое**.

Глава VI Практические рекомендации по комплексной оценке экологической обстановки на военном объекте

Наиболее успешным способом внедрения биодиагностики качества ОС на военных объектах является организация на военных объектах наземной экологической разведки местности, структура и содержание которой приведено на рисунке 16.



Рисунок 16 – Структур и содержание наземной экологической разведки местности

Сущность наземной экологической разведки местности состоит в рациональном сочетании методов биодиагностики качества ОС с методами дифференциальной диагностики ЗВ. Она может быть реализована путем сочетания средств: космической, воздушной, морской экологической разведки с наземными подвижными и носимыми средствами экологического контроля и средствами биодиагностики качества. Одним из которых является планшет военного эколога, макетный образец которого приведен на рисунке 17. (Бадтиев, Усов, 2005).

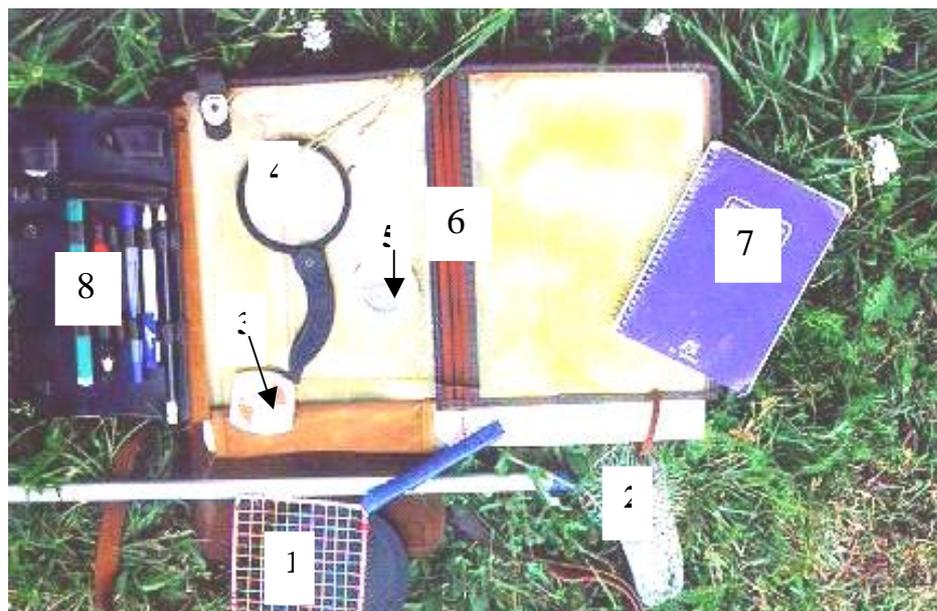


Рисунок 17 – Вид макета планшета военного эколога: 1-палетка; 2- сачок; 3-рулетка; 4- лупа; 5-компас; 6- планшет; 7- атлас биоиндикаторов; 8- микрокалькулятор и принадлежности

Планшет военного эколога предназначается для проведения на военных объектах экологической разведки местности с целью оценки качества ОС, выявления на местности ЗЭА. Сочетания биодиагностики с дифференциальной диагностикой ЗВ осуществляется поэтапно. На первом этапе космическая фитодиагностика сочетается с воздушной экологической разведкой и изучением экологических особенностей ландшафта в ходе наземной экологической разведки местности. В результате создается карта интегрального состояния природного комплекса на военных объектах. На втором этапе биодиагностика качества ОС сочетается с дифференциальной диагностикой ЗВ в зонах экологических аномалий. На третьем этапе осуществляется сочетание медицинской диспансеризации личного состава и с результатами биодиагностики ОС. В результате получается информация об экологической обстановке на военных объектах по состоянию здоровья личного состава.

На основе собранной информации проводится комплексная оценка экологической обстановки на военных объектах, которая включает: оценку состояния природного комплекса;

интегральную оценку качества окружающей среды; оценку состояния здоровья личного состава. Алгоритм комплексной оценки экологической обстановки приведен на рисунке 18.

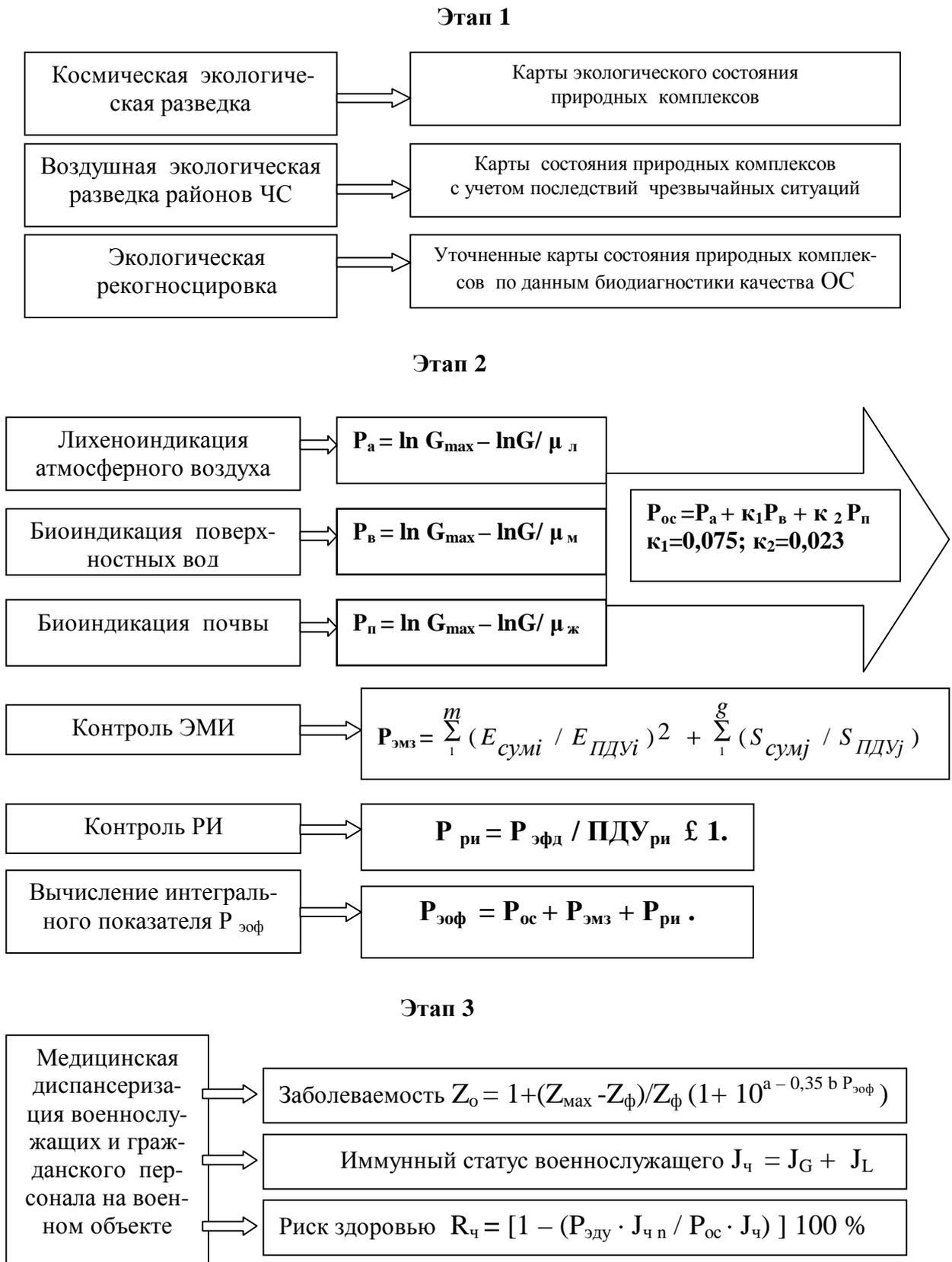


Рисунок 18 – Алгоритм комплексной оценки экологической обстановки на военном объекте

Выводы

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработана методология биодиагностики качества окружающей среды, которая может использоваться для комплексной оценки экологической обстановки на военных объектах.

2. Впервые исследована объективность существующей системы экологического мониторинга. Разработана математическая модель объективности системы получения информации о состоянии окружающей среды на военных объектах. На примере городов Москвы и Владикавказа показано, что объективность системы выборочного контроля загрязнения атмосферного воздуха не превышает 4 %.

3. Исследована зависимость изменения внешних морфологических признаков синузий (групп) растительных и животных биоценозов от степени загрязнения среды обитания и выбраны для использования на военных объектах в качестве биоиндикаторов атмосферного воздуха – эпифитные лишайники, поверхностных вод – пресноводные моллюски, почвы – беспозвоночные почвенные животные.

4. Разработана математическая модель, связывающая относительный показатель жизнеспособности биоиндикатора с индексом интегрального загрязнения среды обитания. Установленная закономерность выражается сложной функцией, отражающей прогрессивную и регрессивную модификации морфологических признаков биоиндикаторов в зависимости от индекса интегрального загрязнения среды его обитания.

5. По данным полевых исследований определены численные значения коэффициентов прогрессивной и регрессивной модификации биоиндикаторов и уточнены математические модели жизнеспособности в загрязненной среде лишайников, пресноводных моллюсков и беспозвоночных почвенных животных.

6. Исследованиями в области биоиндикации и биотестирования качества окружающей среды обоснован рациональный способ повышения эффективности экологического мониторинга на военных объектах. Способ назван **экологической разведкой местности**.

7. Создана научно-методическая база, позволяющая прогнозировать возможные зоны экологических аномалий на местности, осуществлять без существенных затрат биодиагностику качества атмосферного воздуха, поверхностных вод и почвы на военных объектах.

8. На основе закономерностей устойчивости сложных систем разработаны единые критерии оценки экологического неблагополучия территории по показателю жизнеспособности биоиндикаторов.

9. В результате апробации методов биодиагностики на территории Москвы, Московской области, Тамбова, Тамбовской области, Владикавказа и горных ущелий Северной Оссе-

тии – Алании были выявлены зоны экологических аномалий по состоянию лишайников, оценена экологическая обстановка на ряде военных объектах Московского военного округа и уточнены методы визуальной биодиагностики качества окружающей среды.

10. Выполнен корреляционный анализа данных исследований системы «окружающая среда-здоровье населения». Выявлена сильная корреляционная связь между показателями заболеваемости населения и индексом загрязнения атмосферного воздуха. Разработан метод выявления ранних признаков экологического неблагополучия по медико-демографическим данным.

11. Разработаны практические рекомендации экологической службе Вооруженных Сил Российской Федерации по комплексной оценке экологической обстановки на военных объектах, в том числе и в виде:

- методик визуальной биоиндикации качества атмосферного воздуха, поверхностных вод и почвы;

- методики выявления на местности зон экологических аномалий;

- методики выявления ранних признаков экологического неблагополучия территории по медико-демографическим данным медицинской статистики;

алгоритма комплексной оценки экологической обстановки на военных объектах.

12. Новизна научно-методических разработок подтверждена изобретениями «Способ лихеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха» и «Способ выявления на местности зон экологических аномалий».

Список публикаций по теме диссертации

1. Антонов В.А., Ажгиревич А.И., Бадтиев. Экология. Военная экология. Учебник для высших учебных заведений Министерства обороны Российской Федерации /Под общ. ред. В.И. Исакова. Изд 2, переб. и доп.- М.- Смоленск: ИД Камертон – Маджента, 2006. – 724 с.
2. Бадтиев Ю.С. Методология комплексной экологической оценки территории РСО-Алания. // Безопасность и экология горных территорий. Тез. докл. II Международной конференции. Владикавказ, сентябрь, 1995 г. - Владикавказ, 1995.- С. 541-543.
3. Бадтиев Ю.С., Петров М.Ю., Новиков В.К. О подходе к защите войск от экологически вредных воздействий // XXIV Гагаринские чтения: Тез. докл. международной молодежной научной конференции. Москва, 1999. - С. 455.
4. Бадтиев Ю.С., Усов Г.П, Краевский В.П., Фолькман В.И. Применение интегральных методов для оценки экологической обстановки на военных объектах // Проблемы сохранения и улучшения окружающей среды в мегаполисах: Сбор. науч. Трудов международной конференции. Москва, 2000 г. – «Фарго 21 век», - М.: - 2000. - С. 57-63.
5. Бадтиев Ю.С. Методика биоиндикации окружающей природной среды. / Управление начальника экологической безопасности ВС РФ. - Москва 2000. – 20 с.

6. Бадтиев Ю.С., Бухарин С.Н., Кулемин А.А. К вопросу об оценке экологической обстановки территории военного объекта методом биоиндикации // Проблемы обеспечения экологической безопасности РВСН в условиях повседневной деятельности и чрезвычайных ситуациях. Труды научно-методич. конференции ВА РВСН им. Петра Великого. Москва, апрель 2000 г. – Москва, 2000. - С. 129-130.
7. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. Биоиндикация окружающей природной среды // Экологический вестник России. - 2001- № 4.- С.
8. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. Биоиндикация окружающей природной среды. // Экологический вестник России. – 2001 - № 5. – С.
9. Бадтиев Ю.С., Барков В. А., Усов Г.П. Биоиндикация поверхностных водоемов. // Экология и промышленность России. – 2003 - июль. - С. 24-26.
10. Бадтиев Ю.С., Антонов В.А., Губин В.В., Каганов В.М. О критериях оценки экологической обстановки. // Экологический вестник России. -2003 - № 4. – С. 30-33.
11. Бадтиев Ю.С. Пат. RU 2218753 С2; МПК А01 G 23/00,15/00, G 01, N 33/00. Способ лишеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха. / Заявл. 10.08 2001; опубли. 20.12.2003.
12. Бадтиев Ю.С. и др. Решение ФИПС о выдаче патента на изобретение «Способ выявления на местности зон экологических аномалий» № 2004123770 от 05.08.2004 г.
13. Бадтиев Ю.С., Бадтиева Ф.К. Лишеноиндикация атмосферного воздуха. // Научно-технический журнал «Сенсор» – 2005 - № 3. - С. 51-53.
14. Бадтиев Ю.С., Усов Г.П. Методические указания по интегральной оценке качества окружающей среды. Экологическая разведка местности. - М.: Воениздат, 2005. - 120с.
15. Ажгиревич А.И., Бадтиев Ю.С. Организация экологической безопасности военной деятельности. Учебное пособие для руководящего состава ВС РФ, других войск, воинских формирований и органов Российской Федерации. / Под общей редакцией В.И. Исакова. – М.: Филиал ФГУП «Воениздат», 2005, - 975 с.
16. Бадтиев Ю.С., Рошин А.В. Исследования по разработке малозатратных методов оценки состояния наземных и водных экосистем в местах дислокации войск по состоянию растительных и животных биоиндикаторов. Центр экотоксикологии при ИХФ им. Н.Н. Семенова РАН. - Москва, 2005. – 181 с.
17. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. и др. Обоснование перспектив развития средств обеспечения экологической безопасности на период до 2015 года. Инв. № 1163./ ЭЦ МО РФ. – М.: 2000. – 78 с.
18. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. и др. Методические указания специалистам экологической службы Вооруженных Сил Российской Федерации. Инв. № 1152. / ЭЦ МО РФ; - М.: 2001.- 232с.
19. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. и др. Обоснование развития средств экологического обеспечения в интересах решения задач обеспечения действий ВС РФ в военное время и их повседневной деятельности. Инв. № 1303. ЭЦ МО РФ. - М.: 2001.- 55с.
20. Бадтиев Ю.С., Новиков В.К. и др. Исследование проблем защиты личного состава от экологически неблагоприятных преднамеренных воздействий на окружающую среду. Инв. № 1377. ЭЦ МО РФ. – М.: 2001. - 75 с.
21. Бадтиев Ю.С., Новиков В.К. и др. Обоснование основных направлений создания и применения в ВС РФ средств защиты войск (сил) от экологически вредных воздействий в ходе повседневной деятельности, ЧС и ведении военных действий. Инв. № 1515. ЭЦ МО РФ. – М.: 2002. - 111с.
22. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. и др. Обоснование и разработка в соответствии с законодательством Российской Федерации и результатам анализа исследований предыдущих этапов требований к совместной деятельности медицинской и экологической служб. Инв. № 1471. ЭЦ МО РФ. – М.: 2002. -147 с.

23. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. и др. Обоснование развития базовых технологий военного назначения в обеспечении создания перспективного вооружения. Инв. № 1475. ЭЦ МО РФ. – М.: 2002.- 111 с.
24. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. и др. Обоснование развития средств обеспечения экологической безопасности в интересах решения задач обеспечения действий войск ВС РФ в военное время и их повседневной деятельности. Инв. № 1476. ЭЦ МО РФ. – М.: 2002. – 123с.
25. Бадтиев Ю.С. и др. О результатах экологическом обследовании военного объекта Чкаловское. Инв. № 1576. ЭЦ МО РФ; - М.: 2003. - 22с.
26. Бадтиев Ю.С., Михайлов А.С. и др. Разработка краткого понятийно-терминологического словаря по обеспечению экологической безопасности Вооруженных Сил Российской Федерации. Инв. № 1602. ЭЦ МО РФ.– М.: 2003. - 64с.
27. Антонов В.А., Бадтиев Ю.С. и др. Обоснование развития системы базовых военных технологий в обеспечении создания перспективного вооружения. Инв. № 1594. ЭЦ МО РФ. – М.: 2003. – 83с.
28. Бадтиев Ю.С., Новиков В.К. и др. Исследование проблем защиты личного состава от экологически неблагоприятных преднамеренных воздействий на окружающую среду. Инв. № 1604. ЭЦ МО РФ – М.: 2003. -110 с.
29. Антонов В.А., Бадтиев Ю.С. и др. Организация и ведение социально-гигиенического мониторинга в Вооруженных Силах Российской Федерации. Инв. № 1643. ЭЦ МО РФ. – М.: 2004. -151с.
30. Антонов В.А., Бадтиев Ю.С. и др. Разработка в ВС РФ методических и организационных принципов создания социально-гигиенического мониторинга и справочного информационного фонда, формируемого по результатам совместного проведения экологического и социально-гигиенического мониторинга в районах расположения военных объектов. Инв. № 1693. ЭЦ МО РФ. – М.: 2004. – 104 с.
31. Бадтиев Ю.С., Михайлов А.С. и др. Разработка краткого понятийно-терминологического словаря по обеспечению экологической безопасности Вооруженных Сил Российской Федерации. Инв. № 1696. ЭЦ МО РФ. – М.: 2004. - 61с.
32. Антонов В.А., Бадтиев Ю.С. и др. Разработка методологии и системы мониторинга и оценки состояния и степени пригодности объектов военной структуры для решения задач планирования мероприятий оперативного оборудования территории военных округов. ЭЦ МО РФ. – Москва, 2005. – 102с.
33. Бадтиев Ю.С., Ефименко Н.В. Лихеноиндикация и химический контроль воздуха в Москве. // Экология и промышленность России. - 2005 - ноябрь.- С. 35 - 37.
34. Бадтиев Ю.С., Королев А.Ф. и др. Исследование вопросов разработки методов оценки влияния на организм военнослужащего комплексного воздействия низкоинтенсивных химических и физических факторов окружающей среды техногенного характера, способов и средств экологической защиты от этого воздействия. Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. - Москва, 2005. – 245 с.
35. Бадтиев Ю.С. Методические рекомендации по выявлению ранних признаков чрезвычайной экологической ситуации на территории Российской Федерации. / НИЦИТЭП. – М.: 1994. – 23 с.
36. Бадтиев Ю.С. Методика оценки экологической обстановки на территории военного объекта методами биоиндикации. Инв. № 1369. - М.: ЭЦ МО РФ. 1998г. С. 123-134.
37. Бадтиев Ю.С., Горяинов Е.В. и др. Результаты экологической разведки военных объектов МВО. - ЭЦ МО РФ. - М.: 2006. – 26 с.
38. Бадтиев Ю.С., Антонов В.А. и др. Методические подходы к прогнозированию экологических последствий ЧС природного и техногенного характера. / Труды II Научно-практической конференции МЧС. Изд-во УРСС, - М.: 2003. -326 с.

39. Бадтиев Ю.С. Исследование проблем защиты личного состава от экологически вредных преднамеренных воздействий на окружающую природную среду. ЭЦ МО РФ. - М.: 2003. – 18 с.
40. Ажгиревич А.И., Бадтиев Ю.С. и др. Организация экологической безопасности военной деятельности: Учеб. пособие для руководящего состава Вооруженных Сил, других войск, воинских формирований и органов Российской Федерации. / Под ред. Начальника тыла Вооруженных Сил Российской Федерации В.В. Исакова. – М.: Филиал ФГУП «Воениздат», 2005.- 478 с.
41. Бадтиев Ю.С. и др. Результаты экологического обследования военных объектов Московского военного округа. ЭЦ МО РФ, - М.: 2005.-38 с.
42. Бадтиев Ю.С. Разработка методики оценки экологической обстановки по медико-демографическим данным. Экологический центр РСО-Алания. - Владикавказ, 1998.– 22 с.
43. Бадтиев Ю.С., Моксяков А.А. и др. Разработка регионального комплексного эколого-гигиенического мониторинга. НИЦИТЭП. – М., 1993. - 104с.
44. Бадтиев Ю.С., Моксяков А.А. и др. Разработка методических рекомендаций по аналитической обработке информации об экологической обстановке для Центрального звена Межведомственной автоматизированной информационной системы комплексного эколого-гигиенического мониторинга. НИЦИТЭП. - М., 1992. -58 с.
45. Бадтиев Ю.С. Методика выявления ранних признаков экологического неблагополучия по медико-демографическим данным. - Владикавказ. 1999. – 12 с.
46. Бадтиев Ю.С., Барков В.А., Бухарин С.Н. Методика оценки загрязнения почвы по состоянию беспозвоночных почвенных животных. // Экологический вестник России, 2002.
47. Бадтиев Ю.С., Бухарин С.Н., Усов Г.П, Тертышников А.В. Учебное пособие «Биомониторинг качества окружающей среды на военных объектах».(Рукопись в издательстве).
48. Бадтиев Ю.С., Моксяков А.А. и др. Разработка концепции, состава и структуры автоматизированной информационной системы сбора, обработки и хранения информации о состоянии окружающей природной среды. НИИ «Медстатистика». – М., 1988. – 98с.
49. Бадтиев Ю.С., Моксяков А.А. и др. Изучение причинно-следственных связей между загрязнением окружающей среды и состоянием здоровья населения и разработка технического задания на создание Межведомственной автоматизированной информационной системы специального комплексного эколого-гигиенического мониторинга. НИИ «Медстатистика». – М., 1989. -104 с.
50. Бадтиев Ю.С., Моксяков А.А. и др. Разработка технического задания на создание Центрального звена Межведомственной автоматизированной информационной системы комплексного эколого-гигиенического мониторинга. НИИЦ. – М., 1990. – 95с.
51. Бадтиев Ю.С., Моксяков А.А. и др. Методические рекомендации по выявлению чрезвычайной экологической ситуации на территории Российской Федерации. НИЦИТЭП. – М., 1994.- 65с.
52. Бадтиев Ю.С. Пора действовать. «Ноосфера». - Владикавказ, октябрь, 1995г.
53. Бадтиев Ю.С., Бадтиева Ф.К., Холоимова А.С. Выявление зон экологических аномалий.// Экологический вестник России № 9, 2006. -60с.

Автор выражает искреннюю признательность своим наставникам – профессорам Безносову В.Н., Гапочке Л.Д., Толпышевой Т.Ю., Новикову В.К. и глубокую благодарность коллегам по Экологическому центру МО РФ, Центру Экотоксиметрии при ИХФ РАН, НИИ «Медстатистика», НИЦИТЭП, Экологического центра РСО-Алания, руководителям и специалистам управлений по экологическому и технологическому надзору РСО-Алания, Тамбовской области, а также руководству экологической безопасности ВС РФ, руководителям ГУ Московский ЦГМС – Р за помощь и содействие в проведении полевых экспериментов.