

Экологический мониторинг объектов уничтожения химического оружия – опыт создания и перспективы развития

© 2007. В.Н. Чупис

Федеральное государственное учреждение «НИИ промышленной экологии»

В статье представлен опыт реализации систем государственного экологического контроля и экологического мониторинга на трёх действующих в России объектах по уничтожению химического оружия. Подробно изложены основные принципы, положенные в их основу, структурно-функциональные схемы, приведено обоснование оптимальной пространственной структуры сети системы мониторинга и регламента её функционирования.

The article deals with the realization of the systems of state ecological control and ecological monitoring in the three working chemical weapon destruction objects in Russia. Their main basic principles and structural-functional schemes are set. The grounds of the optimal special structure of the monitoring system net and the regulations of its functioning are presented.

В программе уничтожения химического оружия в России «безопасность» – ключевое слово. В структуре стоимости объектов по хранению и уничтожению химического оружия (объектов УХО), которых в России насчитывается уже три, цена безопасности по разным подсчётам составляет от 60 до 70 процентов от стоимости этих объектов. Главная особенность заводов, на которых происходит уничтожение химического оружия, – это многоуровневые системы безопасности. Процессы превращения боевых отравляющих веществ (ОВ) в обычные вещества контролируются при помощи автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Автоматические сигнализаторы во всех ответственных зонах технологической линии контролируют наличие ОВ в производственных помещениях. Автоматически производится отбор проб из реакторов. Пробы анализируются в специальной лаборатории производственного контроля. Это системы промышленной, технологической безопасности. На объектах создана система производственного экологического мониторинга, осуществляющая экологический контроль за источниками загрязнения и мониторинг компонентов природной среды (компонентов ПС) в санитарно-защитной зоне (СЗЗ), зоне защитных мероприятий (ЗЗМ).

Подобные меры по обеспечению безопасности для промышленных предприятий беспрецедентны и не имеют аналогов в отечественной и зарубежной практике. С экономической точки зрения это было бы разорительно для любого самого современного производства. В этом отношении объекты УХО с

технической точки зрения можно считать самыми безопасными промышленными объектами, поскольку именно безопасность – здесь главное требование. В то же время это не обычный завод, и у населения нет продолжительного опыта «сосуществования» с подобными объектами. Говоря языком науки, в общественном мнении отсутствует позитивный образ этих объектов, и их новизна – это поле для возникновения различных слухов и домыслов. Это не менее важная проблема, решать которую должна надёжная, независимая от объектов система наблюдений за состоянием окружающей среды.

По этой причине с самого начала строительства заводов законодательно были приняты решения как о создании полномасштабной системы государственного экологического контроля и мониторинга (СГЭЖиМ) объектов УХО, так и природных систем в зонах защитных мероприятий. В силу высокой специфичности этих промышленных объектов, уникальности приборной и методической базы, а также специального характера решаемых проблем по контролю и мониторингу ОВ и продуктов их деструкции в объектах окружающей среды (ОС), создание систем государственного экологического контроля и мониторинга объектов УХО и окружающей среды в СЗЗ и ЗЗМ определено Федеральным законом «Об уничтожении химического оружия» и входит в состав мероприятий Федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации». Это, по своей сути, независимая система контроля за деятельностью объектов со стороны государства и общества, главное требо-

вание к которой заключается в «доказательности» – способности дать максимально полную оценку степени безопасности процесса уничтожения химического оружия.

Это обязывает нас постоянно развивать и совершенствовать структуру и методологическую базу СГЭКиМ. Решающую роль в том процессе играет развитие современной концепции мониторинга, интеграция различных видов мониторинга, проводимых на объектах УХО. Основное требование к проектируемым системам мониторинга состоит в обеспечении требуемой достоверности контроля (вероятности обнаружения) загрязняющих веществ в зонах техногенного влияния объектов, выявления объективной (выраженной в количественных показателях) оценки состояния окружающей среды. Это отражает современную тенденцию развития понятия мониторинга – от пассивной системы наблюдений за состоянием объекта (окружающей среды) к модельному исследованию состояния окружающей среды, сочетающего систему наблюдений (измерений, анализов) с прогностической моделью взаимодействия объект – окружающая среда.

Именно эти условия были положены в основу СГЭКиМ, работы по созданию которой в период с 2001-го по 2007 г. совместно с учёными и специалистами регионов проводил коллектив НИИ промышленной экологии. За этот период в регионах, на территории которых расположены арсеналы химического оружия, созданы и прошли государственную аккредитацию специализированные региональные центры государственного экологического контроля и мониторинга, имеющие в своём составе современные, не уступающие лучшим зарубежным образцам, лабораторные комплексы, подобраны и обучены специалисты, проведены исследования по фоновому состоянию окружающей среды в районах расположения заводов. Созданная система экологического контроля и мониторинга имеет характерную структуру, которая ранее в России никогда не применялась. В стандартной постановке задачи контроль и мониторинг деятельности опасных промышленных объектов ограничивается проведением анализов загрязняющих химических веществ на территории объекта и в районе его расположения (в данном случае в зоне защитных мероприятий). Так обеспечиваются требования стандартов по качеству окружающей среды: атмосферного воздуха, почвы, природной воды и т. д. Но есть много факторов, учесть которые подобным образом сложно. Наши знания по вопросам трансформации ОБ в природной среде, продуктам их де-

струкции, процессам накопления, механизмам воздействия малых и сверхмалых доз концентраций ограничены и находятся в процессе развития. Учитывая эти важные моменты, в составе центров созданы биологические лаборатории, проводящие анализ токсичности природных сред. Анализ отобранных проб по аттестованным методикам на биообъектах дает возможность оценить *качество окружающей среды*, что является естественной задачей комплексного экологического мониторинга и магистральным направлением перехода к экологическому нормированию. Совмещение химического анализа объектов природной среды с токсикологическими испытаниями обеспечивает достоверную оценку работы объекта УХО. Этот эффективный, но, конечно, дорогостоящий метод впервые в таком масштабе реализован именно для объектов УХО, учитывая их социальное значение и международный характер проблемы уничтожения запасов химического оружия. В состав центров включены информационно-вычислительные комплексы, на базе которых реализуется система управления мониторингом. В автоматическом режиме рассчитываются поля рассеивания загрязняющих веществ и строятся карты, диаграммы, графики, автоматически составляется план проведения исследований во всех режимах, как штатных, так и нештатных. Это обеспечивает оперативное реагирование на любые ситуации, связанные с функционированием объекта УХО. Структурная схема СГЭКиМ представлена на рисунке 1.

Созданная система независимого государственного контроля и мониторинга обеспечивает контроль безопасности объектов со стороны специально уполномоченных органов исполнительной власти: Ростехнадзора, Росприроднадзора, Росгидромета, администраций регионов и других органов, в чьем ведении находятся вопросы безопасного уничтожения химического оружия. Это фактически открытая, «прозрачная» часть системы обеспечения безопасности объекта УХО, дающая объективную информацию о процессе уничтожения химического оружия.

Это позволяет констатировать, что система обеспечения экологической безопасности при уничтожении химического оружия в Российской Федерации создана, и дальнейшая работа должна быть направлена на её развитие и совершенствование. Это и предполагает положенная в основу СГЭКиМ современная концепция экологического мониторинга объектов УХО и окружающей среды в зонах их влияния.

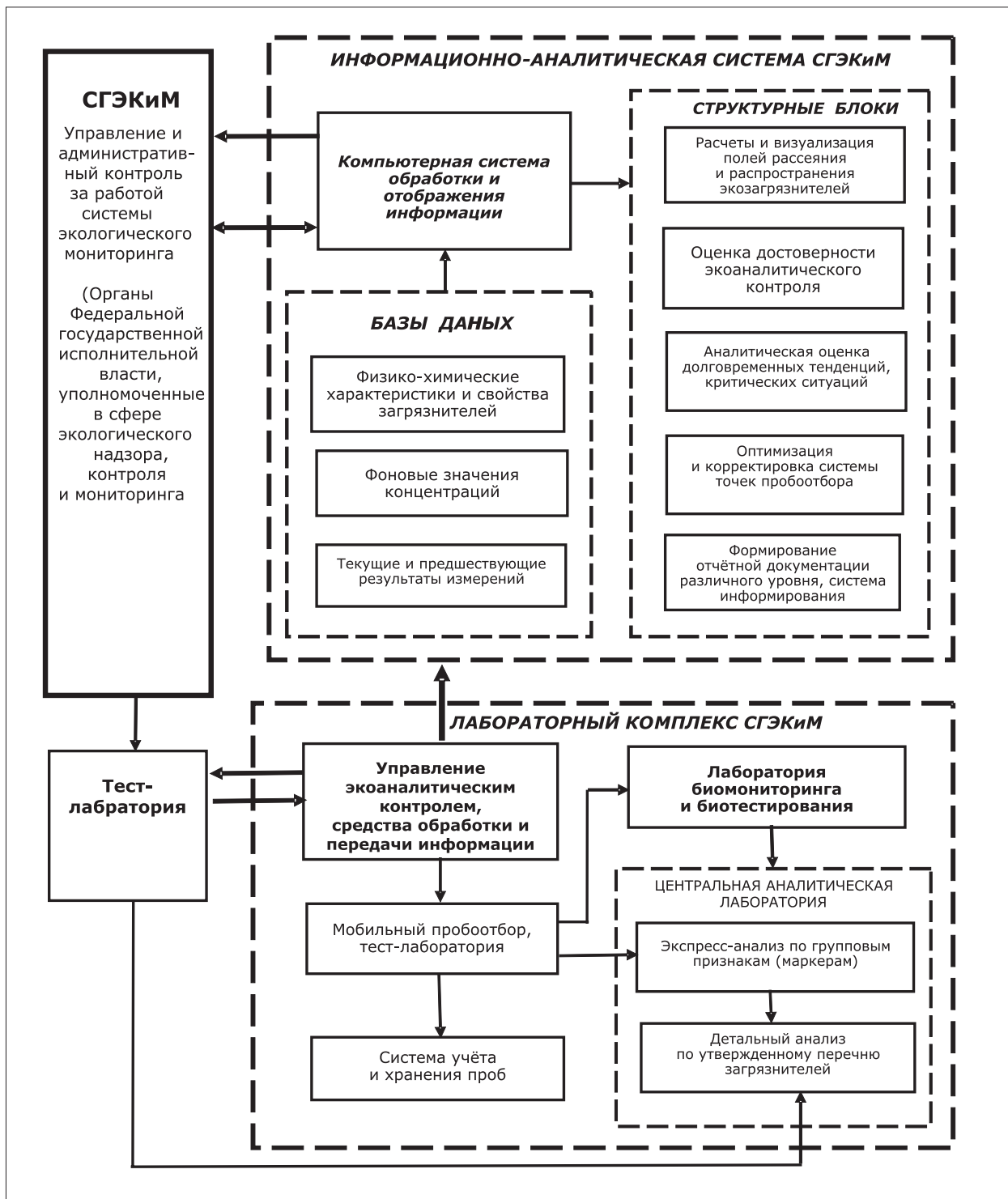


Рис. 1. Структурно-функциональная схема СГЭКиМ

Необходимо отметить, что в России концепция реализации систем экомониторинга переживает период становления. Методологическая база явно неразвита и недостаточна - последние разработки в этой области относятся к середине 70-х годов. Часто термин «мониторинг» используется применительно к различным достаточно сложным и аппаратурно насыщенным контрольным системам, в ко-

торых практически отсутствуют управляющие параметры, характерные для мониторинга. Это резко снижает потенциально высокую эффективность системы, поскольку мониторинг представляет собой научно обоснованную и спроектированную систему наблюдений, позволяющую с выраженной в численном виде достоверностью оценивать уровни загрязнения объектов окружающей среды.

Прогностический характер системы предполагает наличие специальных методов получения и обработки данных мониторинга. По существу, мониторинг – высокотехнологичная, в современной терминологии, интеллектуальная система, допускающая оптимизацию и позволяющая при минимуме привлекаемых средств производить максимально полную и достоверную информацию о состоянии окружающей среды. Переход от экологического контроля к системе экологического мониторинга предполагает формирование другого уровня культуры проведения исследований.

В данном случае применительно к проблеме УХО уровень стоящих задач позволяет нам, возможно, впервые в Российской Федерации реализовать технологии исследований и обработки информации, характерные для современных систем экологического мониторинга.

Эти требования положены в основу проектной и нормативной документации на создаваемую систему обеспечения государственного экологического надзора, контроля и мониторинга объектов УХО.

Система экологического мониторинга ОС должна обеспечивать возможность получения достоверной информации в условиях наличия большого количества случайных факторов, влияющих на распространение загрязняющих веществ (специфических и общепромышленных) в объектах природной среды (ПС). При её создании важно определить оптимальную стратегию мониторинга, основанную на сочетании модельного аналитического подхода с обоснованными показателями приборного (экоаналитического) контроля (периодичности, плотности, привязки к местности), а также количество и состав средств контроля.

Основное требование к СГЭКиМ – получение максимально достоверной информации при минимуме проведённых наблюдений (измерений, анализов) предусматривает выполнение следующих условий:

- наличие репрезентативной (представительной) системы пробоотбора, достаточной для достоверного определения загрязняющих веществ в компонентах ПС;
- регулярность и комплексность наблюдений (согласованность сроков проведения пробоотбора и анализов ЗВ в различных средах с учётом результатов моделирования рассеивания и распространения ЗВ в компонентах ПС);

- согласованность организации наблюдений и сроков отбора проб на источниках ЗВ на территории объекта и в компонентах ПС в установленной в СЗЗ и ЗЗМ системе пробоотбора, которые являются основой при разработке регламента функционирования СГЭКиМ;
- проведение перед вводом в эксплуатацию СГЭКиМ исходного (фонового) мониторинга по всем подлежащим контролю веществам и параметрам. Результаты исходного мониторинга согласовываются Росгидрометом и являются основой для оценки влияния объекта УХО на окружающую среду в течение всего времени функционирования СГКиМ.

Основной из главных задач системы экологического мониторинга является установление взаимосвязи между физическими закономерностями и статистическими свойствами информации, содержащейся в данных мониторинга, и разработке технологий обработки этих данных с использованием адаптивного моделирования, которое рассматривается как единый непрерывный процесс построения и использования модели для получения информации об изменении состояния окружающей среды. В соответствии с этими требованиями регламент функционирования СГЭКиМ основан на сочетании модельного аналитического подхода с замерами химических и физических характеристик источников ЗВ на территории (промплощадке) объекта и исследования распределения концентраций ЗВ в компонентах ПС в СЗЗ и ЗЗМ (рис. 1). При проведении мониторинга окружающей среды в СЗЗ и ЗЗМ регламент мониторинга предусматривает предварительное определение зоны проведения наблюдений по результатам замеров на источниках загрязняющих веществ (или анализа воздушной среды на границе СЗЗ) с последующим расчётом рассеивания ЗВ и определением максимально вероятной зоны обнаружения загрязняющих веществ, рассеянных в окружающей среде. Установленная периодичность проведения сеансов пробоотбора и реализации алгоритма мониторинга (рис. 2) составляет от 1 недели до 1 месяца, что обеспечивает высокую достоверность работы системы.

Важными показателями СГЭКиМ являются технологические характеристики мониторинга – регулярность и периодичность проводимых наблюдений (измерений). Минимально необходимый период, с которым произво-

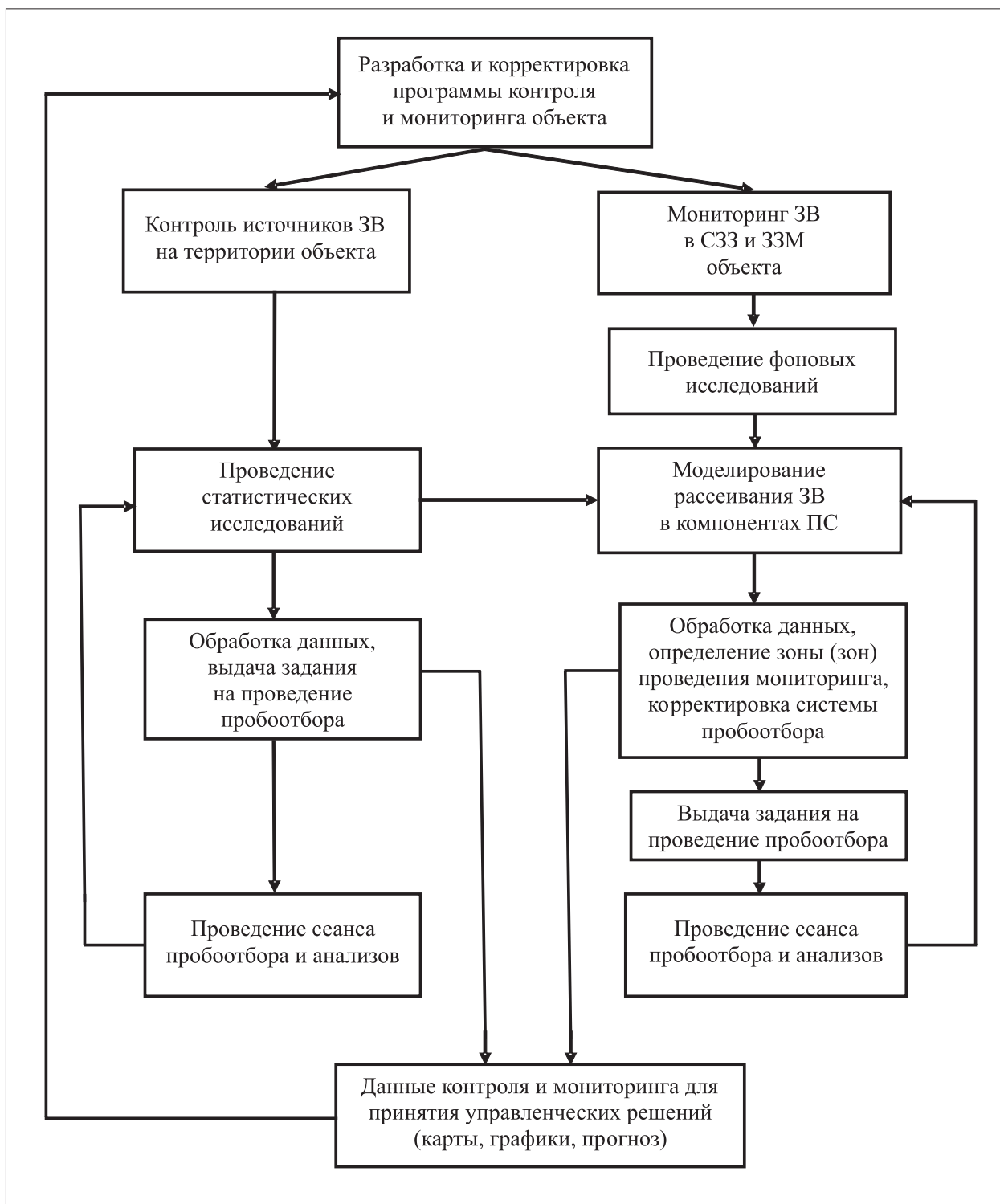


Рис. 2. Регламент проведения государственного экологического контроля и мониторинга объектов УХО

дится отбор проб и замеров, связан с принятым в статобработке получаемой информации понятием корреляции (взаимосвязи) полученных результатов. Для конкретного объекта УХО этот показатель определяется на основании проведенных исследований и впоследствии является основой для установления минимальной периодичности проведения отбора проб и анализов.

Одной из основных структурных единиц СГЭКиМ, определяющей достоверность проводимых исследований и технико-экономические показатели СГЭКиМ, является экологически обоснованная и установленная (геодезически привязанная) на местности система пробоотбора. При проектировании (организации) системы пробоотбора в СЗЗ и ЗЗМ объекта должны быть учтены следующие основные требования:

репрезентативность системы пробоотбора, обеспечивается выбором точек пробоотбора в типичных для территории ЗЗМ природных зонах. В системе пробоотбора должны быть представлены в существующих пропорциях, по возможности, все сложившиеся в данной местности экосистемы (лесные, луговые, водные и др.), на основе которых производится зонирование района проведения мониторинга;

расположение точек пробоотбора определяется с учетом розы ветров, высоты источников выбросов, характера выбросов в атмосферу (дисперсности частиц, удельного веса вещества), рельефа территории и результатов моделирования рассеивания ЗВ в компонентах ПС. Выбранные точки (области) проведения пробоотбора должны обеспечивать проведение отбора проб в различных объектах мониторинга;

заданная плотность и регулярность системы пробоотбора обеспечивают возможность интерполяции результатов замеров и достоверного отображения (посредством интерполяций) изолиний уровней концентраций ЗВ по измеренным значениям.

Рекомендуется использовать систему пробоотбора с точками отбора проб, расположенными по двадцати четырем румбам (секторам) на расстояниях, ориентировочно 1, 2, 3, 5, 10 км от источника загрязнения. Направление начального румба должно совпадать с преобладающим направлением ветра в годовой розе ветров. Плотность точек максимальна в ближней к объекту УХО зоне проведения мониторинга и уменьшается пропорционально удалению от объекта. Это обес-

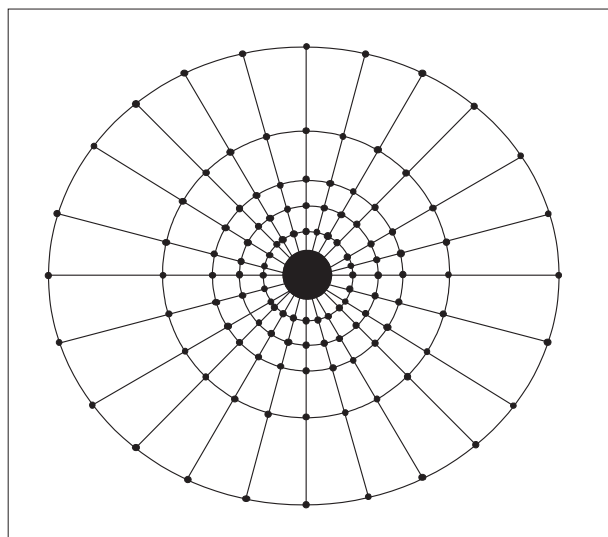


Рис. 3. Исходная (проектная) схема пробоотбора

печивает более высокую плотность точек в области наиболее вероятного загрязнения (образующегося, например, за счёт выпадений из атмосферного воздуха) и корреляцию модельных (расчётных) закономерностей рассеивания ЗВ с измеренными значениями концентраций ЗВ на местности. Начальная (проектная) система пробоотбора (полная система установленных и привязанных точек (постов) пробоотбора, из которых по результатам моделирования определяется конкретная совокупность точек проведения отбора проб) представлена на рисунке 3.

Совмещение принципа репрезентативности выбора точек с требованиями обеспечения корреляции расчётных моделей с распределением (плотностью) точек пробоотбора, является обязательным требованием при проектировании оптимальной системы пробоотбора. Выбранные точки (области) проведения пробоотбора должны обеспечивать проведение отбора проб в различных объектах мониторинга (например точки, в которых производится отбор проб почвенного покрова должны быть доступны для отбора проб снежного покрова; в точках отбора проб природной воды в открытых водоёмах должен быть обеспечен отбор проб иловых осадков).

Периодичность проведения пробоотбора и анализов является важным технико-экономическим показателем СГЭЖиМ и связана с пропускной способностью лабораторий (парком основного и вспомогательного оборудования, численностью персонала, эксплуатационными затратами). Периодичность проведения пробоотбора и анализов отобранных образцов напрямую связана со стабильностью работы объекта, накоплением статистически достоверной информации и возможностью составления по данным замеров прогноза возможных уровней загрязнения окружающей среды. В таблице 1 даны рекомендуемые расчётные значения периодичности проведения пробоотбора в зависимости от числа обнаружений ЗВ в компонентах ПС в точке пробоотбора.

Технико-экономические показатели системы мониторинга определяются на стадии проектирования количеством точек и структурой пробоотбора, периодичностью и стоимостью производимых анализов (стоимость анализов в данном случае – интегральный показатель трудозатрат). Два первых показателя (система пробоотбора и периодичность отбора проб) определяют достоверность проводимых наблюдений. По-

Рекомендуемые расчётные значения периодичности проведения пробоотбора

Вероятность обнаружения ЗВ в пробах	Достоверность СГЭЖиМ, %		
	70	80	90
	Периодичность пробоотбора, дней		
0,2	156	161	167
0,3	104	106	109
0,35	87	91	93
0,4	77	79	81
0,45	69	70	72
0,5	62	63	64
0,55	56	57	58
0,6	51	52	53
0,65	47	48	49
0,7	44	44	45
0,75	41	41	42
0,8	38	39	39
0,85	36	36	37
0,9	34	34	35
0,95	32	32	33
1	30	31	31

вышение количества точек или периодичности проведения пробоотбора выше определённого оптимума приводят к существенному росту затрат при незначительном повышении достоверности, регистрации загрязняющих веществ в объектах природной среды.

Изложенные выше методические подходы представляют собой основу концепции экологического мониторинга, реализу-

емого на объектах УХО. Созданная система наблюдений за экологически безопасным функционированием объектов и состоянием окружающей среды представляет собой целостную систему взаимосвязанных показателей, максимально отвечающую как требованиям в области эффективности и достоверности, так и оптимизации структуры мониторинга и привлекаемых материально-технических средств.