

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ОБОБЩЕННОЙ ТЕОРИИ МОНИТОРИНГА ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ БИОСФЕРЫ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

© 2018 А.В. Васильев, В.В. Заболотских, В.А. Васильев, А.И. Ганин

Самарский научный центр РАН

Статья поступила в редакцию 10.12.2018

Статья посвящена проблеме создания обобщенной теории мониторинга токсикологических загрязнений биосферы. Обоснована необходимость комплексного подхода к мониторингу и оценке токсикологических загрязнений. Рассмотрены особенности и этапы комплексного мониторинга токсикологических загрязнений. Описано использование методов биоиндикации и биотестирования при комплексном мониторинге токсикологических загрязнений. Приведены примеры практического использования разработанной теории.

Ключевые слова: токсикологическое загрязнение, воздействие, биосфера, мониторинг, теория, использование.

Работа выполнена в рамках государственного задания учреждениям науки

1. ВВЕДЕНИЕ

Для разработки эффективных методов и решений по снижению негативного воздействия токсикологических загрязнений на биосферу необходимо разработать эффективную систему мониторинга токсикологических загрязнений. При этом необходимо учитывать специфику негативного воздействия токсикологических загрязнений, а также их сочетанное воздействие с другими негативными факторами.

Эффективный экологический мониторинг позволяет обеспечить санитарно-эпидемиологическое и экологическое благополучие населения на урбанизированных территориях, принять своевременные и качественные меры по снижению негативного воздействия токсикологических загрязнений на биосферу [1, 2, 4-7, 9, 10]. Эффективная система мониторинга позволяет не только получить реальные значения

токсических опасных веществ, но и определить соотношение между определенной концентрацией вещества, загрязняющего окружающую среду, и вероятностью негативного воздействия на здоровье человека.

Проведенный авторами анализ существующих методов экологического мониторинга токсикологических загрязнений показал, что они имеют ряд недостатков и не могут обеспечить полную и качественную оценку параметров токсикологических загрязнений. Поэтому актуальной является разработка обобщенной теории мониторинга токсикологических загрязнений биосферы.

Целью данной работы является разработка обобщенной теории мониторинга токсикологических загрязнений биосферы.

2. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ И ОЦЕНКЕ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Воздействие токсикологических загрязнений на здоровье человека является многофакторным. Так, по данным экспертов ВОЗ основной вклад в уровни канцерогенного риска для здоровья жителей урбанизированных территорий вносит загрязнение воздуха бензином (66,4%), бензолом (24,5%), хромом (4,8%) и этилбензолом (3,0%). Критическими органами при хроническом ингаляционном воздействии бензола являются система крови и кроветворных органов, красный костный мозг, центральная нервная система, иммунная система, сердечно-сосудистая система, желудочно-кишечный тракт и репродуктивная система, для 3,4-бенз(а)пирена – иммунная система, а также эти вещества являются канцерогенно опасными и отне-

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, начальник отдела инженерной экологии и экологического мониторинга Самарского научного центра. РАН. E-mail: avassil62@mail.ru

Заболотских Влада Валентиновна, кандидат биологических наук, доцент, научный сотрудник отдела инженерной экологии экологического мониторинга Самарского научного центра РАН. E-mail: Vlada310308@mail.ru

Васильев Владислав Андреевич, инженер отдела инженерной экологии и экологического мониторинга Самарского научного центра РАН. E-mail: vladvas93@mail.ru

Ганин Алексей Игоревич, техник отдела инженерной экологии и экологического мониторинга Самарского научного центра РАН. E-mail: ganin163tlt@gmail.com

сены по классификации МАИР к группам 1 и 2А, соответственно [6].

Значительное негативное воздействие оказывают аэрополлютанты. В том числе они могут вызвать развитие патологии дыхательных путей у жителей крупных городов. К приоритетным токсикантам, наиболее часто встречающимся в атмосферном воздухе городов и являющимся наиболее опасными для здоровья населения, можно отнести пары бензина, формальдегид, бенз(а)пирен, аммиак, диоксид азота, фтористый водород, диоксид серы, а среди заболеваний наиболее распространены болезни органов дыхания, такие как ОРЗ, бронхиты, синуситы, ларинготрахеиты [4, 5].

Традиционно применяемая в настоящее время методика экологического мониторинга не всегда позволяет точно определить степень экологической опасности от основных загрязняющих веществ и других вредных факторов промышленных городов. Эта методика не отражает уровня техногенного воздействия на население и биогеоценозы, не показывает реакции живых организмов на это воздействие, не учитывает совместное сочетанное воздействие на человека факторов различной природы (физических, химических, биологических). Проведение соответствующих исследований необходимо для более точной и полной оценки экологической безопасности населения урбанизированных территорий.

В настоящее время недостаточно только определять параметры вредных веществ на критерии ограничения содержания вредных химических веществ (ПДК, ПДВ, ПДС). Необходимо также осуществлять сочетанную оценку.

Очевидно, что человек может подвергаться воздействию не одного, а сразу нескольких загрязняющих веществ. В реальных условиях на биологические объекты действуют одновременно разные неблагоприятные факторы окружающей среды. Поэтому необходима оценка интегрального воздействия факторов различной природы на человека и биосферу. В условиях промышленного города к таким факторам, в первую очередь следует относить химическое и физическое загрязнение окружающей среды и влияние этих факторов на здоровье человека. В связи с этим необходим комплексный подход к мониторингу и оценке экологических загрязнений.

Комплексная оценка экологических загрязнений, создаваемых токсическими веществами, предполагает необходимость учитывать **возможность кумуляции** загрязняющих веществ, т. е. постепенное накопление в экосистеме или в организме человека какого-либо вредного вещества, вызывающее заболевание и даже гибель, а также разрушение экосистемы. Другой эффект — **суммация**, сложение малых количеств

различных вредных веществ. Такие количества веществ сами по себе, в отдельности могут и не представлять угрозы для здоровья человека или экосистемы, но в сумме они становятся опасными вследствие взаимного усиления эффектов (синергетического действия).

Основное направление в комплексной оценке экологических загрязнений в настоящее время – это исследование механизмов одновременного **сочетанного** действия комплекса факторов различной природы (химических, физических, биологических) на организм человека.

3. ОСОБЕННОСТИ И ЭТАПЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Центральным блоком системы мониторинга загрязнений является информационно-измерительный, включающий мониторинг источников эмиссий, т. е. результаты измерения параметров выбросов или сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду от известных источников эмиссии, и мониторинг загрязнения природных сред на основе существующей измерительной сети. Такая сеть может включать систему стационарных и временных станций с точечными систематическими измерениями и данные площадных съемок с самолетов и спутников, систему сбора, сортировки и накопления результатов измерения и моделирования. По результатам измерений и наблюдений с помощью математических моделей строится информационный портрет загрязнения природных сред — поле концентраций загрязняющих веществ, нанесенное в графической форме на карту местности.

Обобщение данных мониторинга и представление их в форме карт, таблиц, графиков, аналитических зависимостей, информационных баз данных лежит в основе мониторинговых геоинформационных систем (ГИС), которые могут быть локального, регионального и глобального масштабов. ГИС могут включать показатели экологические, биологические, хозяйственные, здоровья населения, качества среды обитания, экономические и др. Работы над глобальными ГИС ведутся в рамках крупных международных программ и входят составным элементом в системы мониторинга, действующие в различных странах (в России - в Единую государственную систему экологического мониторинга). Такие системы мониторинга иерархические, включают несколько уровней и взаимосвязанные подсистемы измерений, контроля, информационного обеспечения, принятия решений.

Получение достоверной информации для экологического контроля, оценки состояния экосистемы и построения прогноза зависит

от надежности и эффективности применяемых методов измерения параметров, знания закономерностей изменений, наличия соответствующих моделей и возможностей численного расчета.

Важными элементами эколого-аналитического контроля являются разработка единой методики отбора, консервации, хранения и подготовки к анализу и анализа проб, осуществление контроля за точностью данных. Необходимо учитывать возможность загрязнения проб в процессе их отбора, особенно если количества загрязняющих веществ очень малы. Важны выбор мест, сроки и условия хранения образцов. Аттестованные на государственном уровне и стандартизированные методики отбора проб и их анализа используются в целях государственного контроля, при проведении официальных актов аналитического контроля. В России природопользователям разрешено использовать не только жестко регламентированные официально утвержденные методики, но и другие, сложные, уникальные методики, если обеспечивается надежность результатов анализа и их реализация в условиях государственной контрольной службы пока невозможна. Такие методики могут быть аттестованы на уровне предприятий или их групп. Госконтрольные службы должны лишь периодически оценивать качество результатов анализа по данным методикам.

Существуют различные направления мониторинга влияния токсикологических факторов на биосистемы. Среди них:

Мониторинг загрязняющих веществ может включать: мониторинг приземного или верхних слоев атмосферы, мониторинг атмосферных осадков, поверхностных вод, литосферы (в первую очередь почвы) и др.

Мониторинг эмиссий или мониторинг источников выделения в окружающую среду загрязняющих веществ и/или других факторов воздействия (электромагнитные излучения, шум и т. д.) - это наблюдение определенного источника или вида деятельности.

Импактный мониторинг - это наблюдение за воздействиями на природные ресурсы, биологические объекты и экосистемы от определенного источника эмиссий, а также наблюдение за происходящими в этих объектах изменениями в результате такого воздействия.

Мониторинг природных сред и экосистем (мониторинг фона и антропогенного воздействия) - это наблюдения, не связанные с конкретными источниками эмиссий или видов деятельности. Наблюдение осуществляется как за изменениями под влиянием антропогенного воздействия, так и за фоновыми, природными, что необходимо для оценки антропогенной составляющей наблюдаемых изменений. Фоно-

вые измерения проводятся вне зоны влияния промышленных объектов и учитывают природные циклы миграции веществ, популяций организмов и экологические процессы. Как правило, антропогенные воздействия накладываются на естественные изменения и разделить их не всегда удается.

Особенность мониторинга токсикологических загрязнений является то, что в токсикологии действие вредного вещества выражают в виде дозы - количества вредного вещества, отнесенного к массе тела (мг/кг), и в виде концентрации - количества вещества, отнесенного к единице объема или массы воздуха (мг/м³), воды (мг/л), или почвы (мг/г). Для обоснования гигиенических нормативов используют зависимости «концентрация — время - эффект», получаемые в экспериментальных исследованиях; дозу рассчитывают как произведение количества вредного вещества, поступающего в организм в единицу времени с воздухом, водой, пищей, при прямом контакте на экспозицию (время контакта).

При обосновании нормативов исходят из принципа пороговости воздействия, т. е. установления минимальной дозы вещества, при воздействии которой в организме возникают отрицательные последствия. Нормирование ведется по тому показателю, который оказывается наиболее чувствительным (лимитирующим). Например, вредное вещество может влиять на санитарные условия жизни в концентрациях меньших, чем на организм человека — в этом случае при нормировании исходят из порога действия этого вещества на санитарные условия жизни. У токсикантов, способных к биоаккумуляции, пороговые уровни очень низки.

Исследования *токсического действия* загрязняющих веществ имеют целью установление допустимой максимальной недействующей концентрации (МНК, по *observed effect concentration* - NOEC) - подпороговой концентрации веществ по санитарно-токсикологическому признаку вредности в экспериментах на лабораторных животных или путем прогнозирования величины максимальной недействующей концентрации с последующей экстраполяцией данных на человека.

На предварительном этапе мониторинга целесообразно разработать концептуальную модель территории, представляющую собой графическое или описательное представление возможных взаимосвязей между источниками загрязнения окружающей среды, маршрутами воздействия.

Затем необходимо провести инструментальную оценку параметров токсических веществ в анализируемых объектах окружающей среды, а также использовать данные, полученные на ос-

нове моделирования рассеивания загрязнений за период не менее 3-5 лет.

Полная сочетанная оценка является очень детальным исследованием всех источников и путей воздействия, анализом выбираемых вариантов применительно к конкретному месту. Поэтому сочетанная оценка должна выполняться поэтапно, шаг за шагом, чтобы после каждого этапа можно было скорректировать алгоритм действий, отбросить малосущественные параметры, оставив приоритетные, оценить наиболее важные параметры. Чем меньше воздействие на окружающую среду техногенной деятельности, тем меньший объем работ выполняется при сочетанной оценке [4].

Можно выделить несколько основных этапов комплексного мониторинга токсикологических загрязнений биосферы:

- сбор и анализ данных об источниках, составе и условиях загрязнения на исследуемой территории.

- выбор приоритетных для исследования токсикологических веществ;

- мониторинг объектов окружающей среды;

- моделирование распределения токсикологических веществ в окружающей среде;

- определение характеристики концентраций токсикологических веществ в точке воздействия;

- оценка канцерогенных и неканцерогенных поллютантов (при острых и хронических воздействиях токсикологических веществ);

- оценка риска при многосредовых, комбинированных и комплексных воздействиях факторов различной природы.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ И БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ МОНИТОРИНГЕ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Реакции живых систем на разнообразные химические и физические факторы и их сочетание характеризуются такими особенностями, как интегральность и кумулятивность множества воздействий, парадоксальные эффекты слабых доз на организмы животных и растений, наличие цепных процессов и отдаленных последствий локальных влияний на различные «этажи» сложно организованных экосистем.

Необходимо отметить, что живым системам (организмам, их сообществам и целым экосистемам) свойственна способность к саморегуляции, самоочищению, адаптации. Этим, в частности, определяется и экологический прогноз. Устойчивость экосистем, например, зависит от многообразия видов, входящих в них, от соотношений численности видов, представляющих различные трофические уровни, от репродук-

тивных свойств организмов и регуляции численности каждой популяции межвидовыми отношениями в сообществе и абиотическими факторами.

Экологическую опасность, или риск, следует оценивать с учетом не только характера и силы антропогенного воздействия, но и биологических свойств реагирующей системы. Соответственно этому имеется две группы методов экологического мониторинга (слежения за состоянием экосистем): физико-химические и биологические (биомониторинг). Каждый из видов мониторинга имеет свои ограничения. Для качественной оценки и прогноза состояния природной среды необходимо их сочетание. Таким образом, физико-химический и биологический мониторинг не исключают, а дополняют друг друга.

Главные задачи биологического мониторинга – выявление отклика биосферы на антропогенное воздействие на разных уровнях живого: молекулярном, клеточном, организменном, популяционном, сообществе; изучение миграции загрязнений по пищевым цепям, их накопления различными видами и т. д.

В биологическом мониторинге выделяют: мониторинг за состоянием здоровья человека, за важнейшими популяциями экосистем, за наиболее чувствительными популяциями к данному воздействию, за критическими популяциями, за изменением наследственных признаков у разных популяций и др.

Комплексная характеристика качества среды, характеризующая её загрязнённость токсичными веществами (токсичность) определяется как степень токсичности среды обитания и способность комплекса организмов обитать в такой среде [4-8].

Биоиндикация и биотестирование могут эффективно использоваться для оценки токсичности тех или иных компонентов, вносимых в окружающую среду. Токсичность среды обитания устанавливается методами токсикологии, в первую очередь биотестирования, с использованием биологических объектов (тест-организмов) для выявления степени токсичности тех или иных веществ или их суммарного воздействия. Биотестирование позволяет оценить токсичность загрязнённых вод, почвы и др. путем приготовления водных вытяжек из практически любых субстратов и материалов.

Соотношение биологических оценок состояния водной экосистемы приведено в табл. 1.

Вместе с тем, оценка степени токсичности каждого из вредных веществ имеет определенную специфику и нуждается в отдельной проработке.

Используемые в практике экологического и санитарно-гигиенического нормирования по-

Таблица 1. Оценки состояния вод по классам качества воды, сапротоксности, токсичности и индексу видового разнообразия

Класс чистоты воды	Зона сапротоксности	Доминирующие группы водного биоценоза	Индекс видового разнообразия	Степень токсичности по биотестированию
1	Ксеносапроток-собная	Имеются реликты	>2	Отсутствует
2	Олигосапроток-собная	Веснянки, поденки, ручейники, моллюски	>2	Отсутствует
3	Бэта-мезосапроток-собная	Моллюски, насекомые	>2	Слабая
4	Альфа-мезосапроток-собная	Олигохеты, хирономиды	1-2	Средняя
5	Полисапроток-собная	Некоторые виды олигохет и личинок двукрылых	0-1	Сильная
6		Бентоса нет	0	Очень сильная

казатели (предельно допустимые концентрации — ПДК, предельно допустимые дозы - ПДД, предельно допустимые уровни — ПДУ), всегда базирующиеся на токсикологических исследованиях с тестированием отдельных биообъектов, не могут учитывать изменений токсичности загрязнителей за счет эффектов синергизма или антагонизма при сочетанном действии антропогенных факторов. Эти нормативы не отражают зависимости токсического действия загрязнения от физических факторов среды, не учитывают процессы естественных трансформаций веществ в окружающей среде или исчезновения их в ходе детоксикации среды от конкретных загрязнителей.

Поэтому наряду с физико-химическими методами необходимо использовать методы биологического контроля и диагностики - биоиндикацию и биотестирование, дающие объективные интегральные оценки качества среды и основания для прогноза состояния экосистем.

Биологические методы контроля качества среды не требуют предварительной идентификации конкретных химических соединений или физических воздействий, они достаточно просты в исполнении, многие экспрессны, дешевы и позволяют вести контроль качества среды в непрерывном режиме. Вместе с тем после выявления общей токсичности образцов почвы или воды для определения ее причин следует применить аналитические методы. Традиционные физико-химические методы позволяют также оценить вклад отдельных предприятий или иных источников загрязнения в интегрированное техногенное воздействие на природу.

Проведение интегральной оценки качества среды в результате биологического мониторинга предлагается для:

- определения состояния биоресурсов;
- разработки стратегии рационального использования региона;
- определения предельно допустимых нагрузок для экосистем региона;
- решения судьбы районов интенсивного промышленного и сельскохозяйственного использования, загрязненных радионуклидами, и т.п.;
- выявления зон экологических бедствий;
- решения вопроса о строительстве, пуске или остановке определенного предприятия;
- оценки эффективности природоохранных мероприятий, введения очистных сооружений, модернизации производства и др.;
- применения новых химикатов и оборудования;
- создания рекреационных и заповедных территорий.

Комплексный подход в проведении биологического мониторинга (сочетание методов биоиндикации и биотестирования, использование объектов разных уровней организации) при систематическом наблюдении позволяет судить о перспективах изменения структуры сообществ, продуктивности популяций и устойчивости экосистем по отношению к антропогенным факторам.

На основе многостороннего анализа существующих методов мониторинга водоемов, авторами была разработана многокомпонентная тест-система биодиагностики природных водоемов, включающая необходимые для оценки их экологического состояния методы: микробиологический анализ, анализ перифитона (обрастаний) и анализ бентоса (обитателей дна) водоема (рисунок 1) [4]. Информация, полученная на основе этих методов, оценивалась наиболее простым способом в результате расчета инте-



Рис. 1. Многокомпонентная тест-система на основе метода биомониторинга

грированного показателя. Достоинством данной методики является простота, доступность, экспрессивность и объективность (достоверность) данных, которая связана с учетом реакции ни одного, а нескольких тест-объектов.

5. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Рассмотрим особенности и проблемы практического использования биомониторинга водной среды при токсическом воздействии на примере смазочно-охлаждающих жидкостей.

Оценка результатов исследований проводилась как в соответствии с аккредитованными методиками ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06, 16.1:2:3:3.9-06, основанной на определении смертности дафний (*Daphnia magna* Straus), и ПНД Ф 14.1:2:3:4:10-04 16:1:2:3:3.7-04, основанной на регистрации различий в оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer), так и с использованием методики, разработанной автором.

В качестве биотестируемой среды использовались очищенные сточные воды, поступающие с производств и цехов с большими объемами потребления СОЖ, после биологических очистных сооружений БОС (ц. ОСВ ЭП) ОАО «АВТОВАЗ», подлежащие сбросу в Саратовское водохранилище (выпуск № 2).

Всего было проведено более 20 биотестов. Протоколы результатов биотестирования ток-

сичности проб очищенных сточных вод ОАО «АВТОВАЗ», подлежащих сбросу в Саратовское водохранилище, представлены в прил. 5.

Результаты биотестирования позволяют сделать следующие выводы:

1. Исследованная проба не оказывает токсического действия на тест-объект рачки дафнии (*Daphnia magna* Straus). Наблюдается 100 % выживаемость тест-объекта при исходной токсической кратности разбавления за всё время экспонирования (48 часов).

2. Исследованная проба оказывает слаботоксическое действие на тест-объект водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Токсическая кратность разбавления – 3 раза (слабая токсичность).

Таким образом, установлено, что согласно результатам биотестирования проб очищенных сточных вод после БОС ОАО «АВТОВАЗ», подлежащих сбросу в Саратовское водохранилище (выпуск № 2), очищенные сточные воды, отобранные после БОС и подлежащие сбросу в Саратовское водохранилище, являются слаботоксичными.

Следует отметить, что ихтиофауна рассматриваемого участка представлена многими видами рыб, характерными для водохранилища в целом. Чаше других встречаются лещ, окунь, плотва, язь, лещ, карась, чехонь, синец, густера. Даже слабая токсичность сбрасываемых сточных вод может привести к ряду негативных последствий для ихтиофауны.

Таким образом, сточные воды, поступающие с производств и цехов ОАО «АВТОВАЗ» с

большими объемами потребления СОЖ, подлежащие сбросу в Саратовское водохранилище (выпуск № 2), даже после их очистки на биологических очистных сооружениях БОС (ц. ОСВ ЭП) ОАО «АВТОВАЗ» обладают токсичностью и представляют опасность для ихтиофауны Волжского бассейна.

На основе предложенной методики разработано программное обеспечение по расчёту токсикологических характеристик смазочно-охлаждающих жидкостей с целью определения токсикологических характеристик СОЖ на стадии подготовки производства и принятия решения об использовании той или иной марки СОЖ.

Программное обеспечение разработано на базе встроенного в Microsoft Excel модуля программирования Visual Basic. Входные данные для расчета содержатся в базе данных, сформированной на основании классификации существующих смазочно-охлаждающих жидкостей, их физико-химических и токсикологических характеристик.

Информацией на выходе являются выводы о назначении СОЖ, ее основные физико-химические характеристики, степень токсического воздействия СОЖ на человека и окружающую среду, рассчитанная на основе предложенной методики балльно-рейтингового ранжирования, а также итоговое заключение о степени воздействия СОЖ исходя из принятой шкалы оценки.

При проектировании программного обеспечения использовались следующие принципы:

- простота пользовательского интерфейса;
- возможность одновременного отображения выводимых данных;
- эргономичность выводимой отчетной формы.

Преимущества взятого за основу программного обеспечения Microsoft Excel - это доступность и понятность для любого пользователя. Программный модуль разработан таким образом, что позволяет производить основные расчеты и формировать отчетную форму по заданной пользователем марке СОЖ (см. рис. 2).

В основной алгоритм программы заложены схема распределения баллов и шкала оценки степени воздействия СОЖ на человека и окружающую среду по суммарному рейтинговому баллу, предложенные в главе 2. На основании базы данных СОЖ и разработанной методики

программный модуль позволяет автоматически формировать паспорт экологической безопасности СОЖ с указанием суммарного балла оценки безопасности и выдачей заключения о степени экологического воздействия СОЖ на человека и окружающую среду. Также в паспорте отражаются токсикологические и другие характеристики. Пример сформированного паспорта экологической безопасности СОЖ с использованием разработанного программного модуля представлен на рисунке 3.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Человек может подвергаться воздействию не одного, а сразу нескольких загрязняющих веществ. В реальных условиях на биологические объекты действуют одновременно разные неблагоприятные факторы окружающей среды. Поэтому необходима оценка интегрального воздействия факторов различной природы на человека и биосферу. В условиях промышленного города к таким факторам, в первую очередь следует относить химическое и физическое загрязнение окружающей среды и влияние этих факторов на здоровье человека. В связи с этим необходим комплексный подход к мониторингу и оценке экологических загрязнений.

Рассмотрены особенности и этапы комплексного мониторинга токсикологических загрязнений. Выделены основные этапы комплексного мониторинга токсикологических загрязнений биосферы:

- сбор и анализ данных об источниках, составе и условиях загрязнения на исследуемой территории.
- выбор приоритетных для исследования токсикологических веществ;
- мониторинг объектов окружающей среды;
- моделирование распределения токсикологических веществ в окружающей среде;
- определение характеристики концентраций токсикологических веществ в точке воздействия;
- оценка канцерогенных и неканцерогенных поллютантов (при острых и хронических воздействиях токсикологических веществ);
- оценка риска при многосредовых, комбинированных и комплексных воздействиях факторов различной природы.

Рис. 2. Модуль ввода данных

1	2	3	4	5	6
1	ПАСПОРТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОЖ				
2					
3	Марка СОЖ		Автокат Ф-78		
4					
5	Назначение Применяется в виде 1,5-10%-ной водной эмульсии на операциях лезвийной и абразивной обработки металлов и сплавов				
6					
7					
8	Физико-химические характеристики				
9					
10	Концентрат	Внешний вид	Прозрачная жидкость от темно-желтого до красно-коричневого цвета		
11		Состав	Минеральное масло, ПАВ, ингибиторы коррозии, биоцидная присадка		
12		Вязкость кинематическая при 500С	30-60 мм ² /с		
13		Содержание хлора	4,5 - 6%		
14					
15	Водный раствор	Внешний вид	Однородная жидкость белого цвета		
16		Водородный показатель pH	9,3 -10		
17		Резерв щелочности	13 – 20 мл		
18		Склонность к пенообразованию	макс. 400 см ³		
19		Устойчивость пены	макс. 150 см ³		
20		Коррозионная агрессивность	Выдерживает		
21					
22					
23	Токсикологические характеристики				
24					
25	Раздражающее действие на глаза		Оказывает раздражающее действие		
26	Кожно-резорбтивное действие		Не оказывает		
27	Сенсибилизирующее действие		Не оказывает		
28	Токсичность при внутрижелудочном введении,		10000		
29	Токсичные вещества, выделяемые при эксплуатации СОЖ		Минеральное масло- 3 класс опасности, Формальдегид - 2 класс опасности, Аммиак – 3 класс опасности		
30					
31					
32	Степень воздействия на человека и окружающую среду				
33					
34	Суммарный коэффициент равен		5		
35					
36	<u>Смазочно-охлаждающая жидкость данной ма</u>		<u>оказывает умеренное</u>		
37			<u>воздействие на человека и</u>		
38			<u>окружающую среду</u>		
39					

Рис. 3. Интерфейс программы со сформированным паспортом экологической безопасности СОЖ

Описано использование методов биоиндикации и биотестирования при комплексном мониторинге токсикологических загрязнений. Приведены примеры практического использования разработанной теории.

Результаты работы позволяют осуществлять более эффективный и качественный мониторинг токсикологических загрязнений биосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.В. Комплексный экологический мониторинг как фактор обеспечения экологической безопасности // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 2. С. 23.
2. Васильев А.В. Обеспечение экологической безопасности в условиях городского округа Тольятти: учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского на-

- учного центра РАН, 2012. 201 с.
3. *Васильев А.В., Заболотских В.В., Терещенко Ю.П., Васильев В.А.* Общие подходы к биоиндикационной оценке водных экосистем по степени токсичности // В сборнике: ЕЛРПТ-2013. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. Т. 4. С. 55-61.
 4. *Заболотских В.В., Васильев А.В.* Мониторинг токсического воздействия на окружающую среду с использованием методов биоиндикации и биотестирования: Монография. Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2012. 233 с.
 5. *Заболотских В.В., Васильев А.В.* Комплексный мониторинг антропогенного загрязнения в системе обеспечения экологической безопасности города // Вектор науки ТГУ. 2012. № 2 (20). С.58 – 62.
 6. *Куриленко В.В., Зайцева О.В.* Экспресс-оценка токсичности вод на основе биотестирования на мере поверхностных водоемов Санкт-Петербурга // Водные ресурсы – 2005. Т.32. № 4. С. 425-434.
 7. *Перегудов Д.Н., Васильев А.В., Заболотских В.В.* Биологические исследования экологического состояния водоёмов г.о. Тольятти // Стратегическое планирование развития городов и регионов. Памяти первого ректора ТГУ С.Ф. Жилкина: IV Международная научно-практическая конференция (Тольятти, 30 июня 2014 года) сборник научных трудов: в 2 ч. /отв. ред. Ю.А.Анисимова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. – Ч. 2. – С. 376.
 8. *Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.* Оценка качества биоиндикаторов // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. М.: Наука, 2007. С. 370-380.
 9. *Vasilyev A.V., Zabolotskikh V.V., Vasilyev V.A.* Development of methods for the estimation of impact of physical factors on the health of population // Safety of Technogenic Environment. 2013. № 4. Pp. 42-45.
 10. *Vasilyev A.V.* Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. Pp. 43-46.

APPROACHES TO DEVELOPMENT OF GENERALIZED THEORY OF MONITORING OF TOXIC POLLUTIONS OF BIOSPHERE AND IT PRACTICAL APPLICATION

© 2018 A.V. Vasilyev, V.V. Zabolotskikh, V.A. Vasilyev, A.I. Ganin

Samara Scientific Center of Russian Academy of Science

The paper is devoted to the problem of development of generalized theory of monitoring of toxic pollutions. Necessity of complex approach to monitoring and estimation of toxic pollutions is stated. Peculiarities and stages of complex monitoring of toxic pollutions are considered. Using of methods of biological indication and biological testing during complex monitoring of toxic pollutions is described. Examples of practical application of developed theory are submitted.

Keywords: toxic pollution, impact, biosphere, monitoring, theory, application

Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Head at the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Department.

E-mail: avassil62@mail.ru

Vlada Zabolotskikh, Candidate of Biology, Associate Professor, Research Fellow at the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Department.

E-mail: vlada310308@mail.ru

Vladislav Vasilyev, Engineer at the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Department.

E-mail: vladvas93@mail.ru

Alexey Ganin, Technician at the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Department.

E-mail: ganin163tlt@gmail.com