

ЭКОЛОГИЯ

УДК [502.175:574.3:623.4] (470.44)

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОБЪЕКТЕ ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ в 2002–2008 годах

Г.В. Шляхтин, Т.В. Перевозникова

Саратовский государственный университет
E-mail: biofac@sgu.ru

В 2002–2008 гг. разработан и внедрен в эксплуатацию проект системы мониторинга растительного и животного мира зоны защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия (пос. Горный Саратовской области). Приведены результаты комплексной оценки состояния экосистем вокруг терминала с использованием биологических показателей.

Ключевые слова: уничтожение химического оружия, система мониторинга флоры и фауны, биоиндикаторы, сохранение редких и исчезающих видов растений и животных.

Functioning of a Biomonitoring System at the Chemical Weapon Deactivation Plant in Saratov Region in 2002–2008

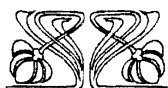
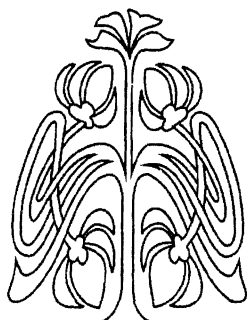
G.V. Shlyakhtin, T.V. Perevoznikova

A flora and fauna monitoring system for the protected area around the chemical weapon deactivation plant (town Gornyi, Saratov region) has been designed and introduced into practice (2002 - 2008). The results of our complex estimation of the ecosystem status around the object in terms of biological indicators are presented.

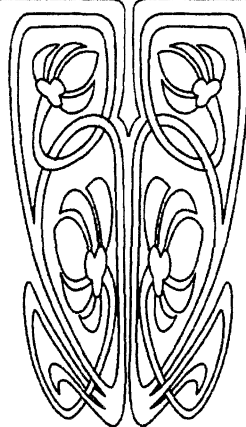
Key words: chemical weapon deactivation, flora and fauna monitoring system, biological indicators, conservation of rare and endangered species of plants and animals.

Первый в Российской Федерации объект по уничтожению химического оружия (ОУХО), расположенный в пос. Горный Саратовской области, функционирует более шести лет. Он был построен в соответствии с Конвенцией, ратифицированной Россией [1]. К декабрю 2005 г. были уничтожены все запасы иприта, люизита и их смесей, хранящиеся на территории терминала, что составило около 3% от общего объема запасов российского химического оружия (ХО). В настоящее время работа ОУХО в пос. Горный продлена до 2012 г. с целью уничтожения реакционных масс, получаемых в результате детоксикации люизита на ОУХО в пос. Горный и г. Камбарке (Постановление Правительства РФ от 24.10.2005 г. № 639 «О внесении изменений в федеральную целевую программу «Уничтожение запасов химического оружия в РФ»).

Строительство и функционирование потенциально опасных объектов, таких как ОУХО в Саратовской области, связаны с различными типами антропогенных перестроек экосистем [2]. Учитывая социальную значимость возникающих экологических проблем, а также пристальный контроль со стороны го-



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





сударственных и общественных российских и международных организаций, ключевым направлением процесса УХО является обеспечение экологической безопасности [3–5]. Опыт создания систем безопасного химического разоружения, накопленный в Саратовском регионе, особенно важен при уничтожении ХО в других регионах: Удмуртии (г. Камбарка и г. Кизнер), Кировской (пос. Марадьковский), Брянской (г. Почеп), Курганской (г. Щучье) и Пензенской (пос. Леонидовка) областях.

Основополагающим фактором безопасного уничтожения ХО является экологический мониторинг [6–9]. Многоуровневая система экологического мониторинга на территории Саратовской области также включает концепцию биологического мониторинга (БМ) за состоянием популяций животных и растений в зоне техногенного влияния объекта. Цель БМ на территориях, сопредельных с ОУХО, заключается в получении информации, необходимой для оценки динамического состояния живых компонентов экосистем в условиях антропогенного вмешательства. Именно с помощью БМ могут быть получены косвенные данные о присутствии в различных компонентах экосистем токсичных и трудно идентифицируемых соединений [10–14]. Важно подчеркнуть, что за период функционирования системы экологического мониторинга вокруг ОУХО в Саратовской области в объектах окружающей природной

среды специфические загрязняющие вещества, выявляемые с помощью экоаналитических методов, не обнаружены.

Структура и основные направления комплексных биомониторинговых исследований

В связи с вышеизложенным необходимо представить главные направления функционирования системы БМ, внедряемой вокруг ОУХО в пос. Горный начиная с 2002 г. [15–22]. В качестве основного разработчика проекта БМ выступил Саратовский государственный университет. Алгоритм БМ реализован в рамках программы региональной многоуровневой системы экологического мониторинга окружающей среды района расположения ОУХО в пос. Горный.

Объектами БМ были выбраны ключевые биологические компоненты экосистем района расположения ОУХО в пос. Горный. Работы осуществлялись применительно к зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) терминала, протяженность которой составляет 5–7 км от промышленной территории с общей площадью около 50 км². Полевые исследования в ЗЗМ и на сопредельных с ОУХО территориях относились к трем уровням контроля: наблюдения за флорой и фауной на стационарных пунктах, использование подвижных средств регистрации состояния растительного и животного мира, а также мероприятия по биотестированию и биоиндикации (табл. 1).

Таблица 1

Структура комплексных биомониторинговых наблюдений, основные направления исследований, объем материала

Вид мониторингового контроля	Основные задачи исследований	Объекты исследований	Объем работ
Подвижные средства контроля и маршруты	Исследование видового разнообразия растений и животных	Растения и животные территории ЗЗМ	Пройдено ежегодно не менее 340 км маршрутов (площадь 52,5 км ²)
Стационарные пункты наблюдений (модельные площадки)	Исследование биоразнообразия, динамики продуктивности экосистем	Растения и животные модельных площадок района расположения ОУХО	Заложено 10 модельных площадок 10 × 10 м для долговременных наблюдений
Биоиндикация и биотестирование	Интегральная оценка качества природной среды по биологическим показателям	Модельные виды животных (в том числе домовая и малая лесная мыши; речной окунь, плотва, серебряный карась, щука, озерная лягушка)	Осуществлен ежегодный отбор биопроб (по 25–75 экз. рыб, 25–30 экз. амфибий, 25 экз. млекопитающих)

На различных этапах исследований средствами оперативного и стационарного мониторинга ежегодно осуществлялось регулярное (в пределах сезонных аспектов) слежение за биологическими переменными (выделение и характеристика основных типов сообществ, изучение биоразнообразия ЗЗМ, картографирование и описание динамических особенностей флоры и фауны, выявление наиболее уязвимых и чувствительных видов-биоиндикаторов техногенного загрязнения, анализ показателей продуктивности продуцентов и консументов наземных экосистем).

Кратность экспедиционных выездов в район исследования в весенне-осеннее время – в среднем через каждые 20 дней, в зимний период – 1 раз в месяц. Учеты на маршрутах проводились с использованием общепринятых методик, разработанных для различных таксономических групп растений и животных. С учетом основных типов растительности, розы ветров и приуроченности точек химического пробоотбора заложено 10 модельных площадей, а также ряд дополнительных учетных площадок и мест сбора биообъектов, которые выбирались в зависимости от цели исследования (рис. 1). Ежегодно с модельных площадок анализировалось более 100 проб растительности.

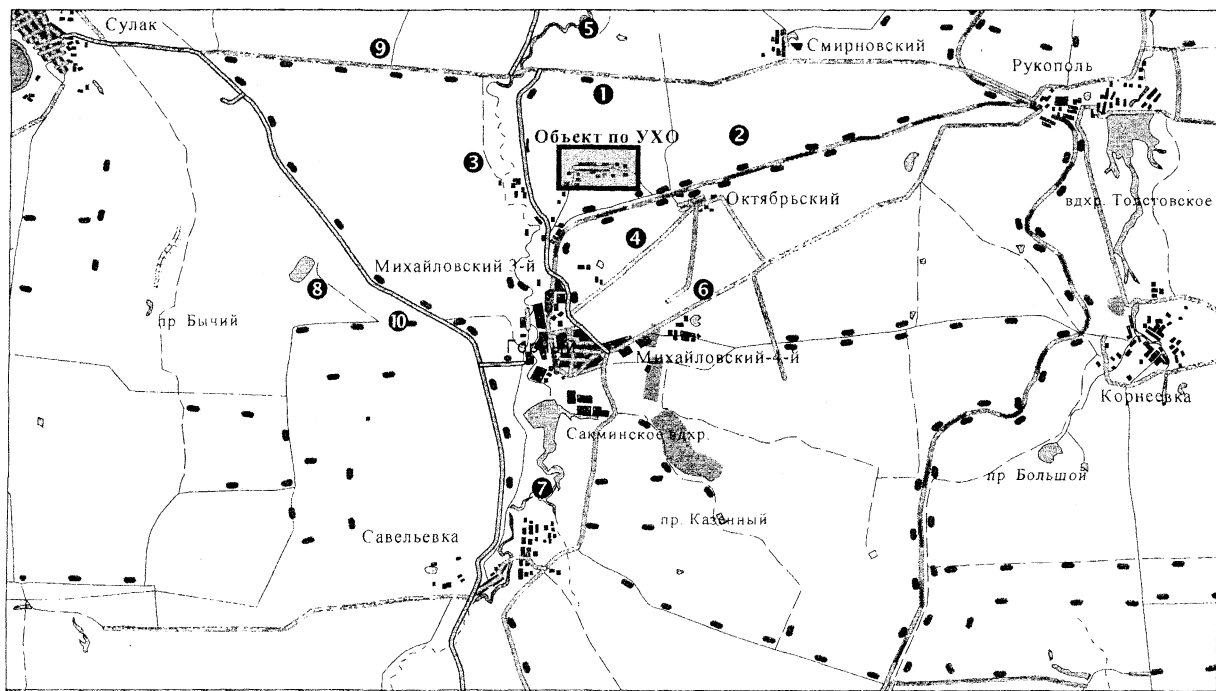


Рис. 1. Места расположения стационарных площадок вокруг ОУХО: 1, 3, 4, 6, 9 – пастбищные участки на различных сукцессионных стадиях; 2 – целинная степь; 5 – лугово-степной участок; 7 – пойма р. Сакмы; 8 – агроценозы; 10 – ползащитные насаждения

Заключение о состоянии наземных и водных экосистем района расположения ОУХО составляли также на основе применения интегральной методики оценки качества среды и изучения некоторых характеристик морфогенетического, цитогенетического и иммунологического гомеостаза модельных организмов [23–25]. С этой целью были использованы 4 вида рыб, 1 вид амфибий и 2 вида млекопитающих. Отбор животных проводился в 4 точках (центр пос. Горный;

р. Сакма в центре поселка; около границы с ОУХО; р. Сакма у развилки на ст. Рукополь). Контрольные точки находились в 25 км от пос. Горный.

В качестве показателя морфогенетического гомеостаза принималась величина флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур, которая оценивалась по абсолютному и относительному различию между сторонами. Цитогенетический гомеостаз определялся на основе учета



частоты хромосомных aberrаций и микроядер в клетках красного костного мозга. Общая оценка иммунологического гомеостаза получена при исследовании клеточного состава периферической крови модельных видов, а также с помощью метода розеткообразования с теофиллином [23–25]. Полученные данные обрабатывались на персональном компьютере с использованием пакета программ Statgraphics. Применение нескольких подходов и методов позволило получить достаточно объективные результаты биомониторинговых исследований.

Результаты биомониторинговых работ

Оценка фонового состояния растительного и животного мира района расположения ОУХО, которая проводилась с 2002 г., показала, что флора изучаемой территории насчитывает 454 вида сосудистых растений, из которых 25 занесены в Красную книгу Саратовской области. Фауна позвоночных бедна и включает около 210 видов, при этом более 50 из них являются редкими. Герпетофауна представлена 7-ю видами, среди которых степная гадюка отнесена к редким и охраняемым. Наиболее разнообразна фауна птиц: выявлено 137 видов, в том числе 39 редких и исчезающих. Состав млекопитающих включает 40 видов (8 редких и подлежащих охране). В ихтиофауне 22 вида, из которых 3 являются редкими. В ЗМ были также изучены некоторые группы беспозвоночных. Например, чешуекрылые представлены 339 видами, из которых 106 редкие и охраняемые.

Изучение флоры и фауны основных типов экосистем района ОУХО позволило сделать вывод о том, что динамика биоразнообразия за годы исследований относительно стабильна. Не выявлено значимых отличий в видовом составе по сравнению со стартовым состоянием (2002 г.). Это может свидетельствовать об устойчивом состоянии экосистем района расположения терминала. Следует подчеркнуть, что флора и фауна сопредельных с объектом территорий относительно бедны. Это связано с небольшим разнообразием биотопов в этом районе и его значительной антропогенной преобразованностью.

При изучении динамики биомассы первичных продуцентов отмечено, что показатели биопродукции имеют хорошо выраженную сезонную и фитоценотическую специфичность (рис. 2). Минимальные показатели биомассы в начале вегетационного периода (B_0) выявлены для пастбищных участков, находящихся на различных сукцессионных стадиях (площадки 4 и 6), – 0.7 и 0.5 кг СВ/м² соответственно. Наиболее продуктивными в весенний период являются лугово-степные и прибрежноводные сообщества (площадки 5 и 9), для которых биомасса в конце вегетационного периода (B_m) составила 5.7 и 6.2 кг СВ/м² соответственно (2002 г.). Продукция естественных фитоценозов характеризуется типичными для данной геоэкологической зоны чертами. Динамика их биопродукции свидетельствует о повышенном антропогенном влиянии, выражающемся в перевыпасе (площадки 3, 4 и 6) и другой сельскохозяйственной деятельности (площадка 8).

Анализ показателей биомассы консументов наземных экосистем подтверждает вывод о том, что динамические показатели состояния фауны определяются также в большей степени сезонными и биоценотическими факторами. Так, для малой лесной мыши в 2002 г. на участках, находящихся на разных сукцессионных стадиях демутации пастбищного сбоя, в летний период B_m составила $2.1 \cdot 10^{-6}$ кг СВ/м², а в осенний период – $1.0 \cdot 10^{-6}$. Это значительно уступает аналогичному показателю для тех же периодов в пределах слабо нарушенных местообитаний луговой степи (7.7 и $7.8 \cdot 10^{-5}$ кг СВ/м² соответственно).

Оценка величины вторичной продукции экосистем района исследования показала, что она вполне сопоставима с аналогичными показателями для других природных комплексов, испытывающих антропогенный пресс. На внешние воздействия наиболее сильно реагируют зоофаги основных местообитаний и фитофаги ценозов, нарушенных перевыпасом. Прямого влияния ОУХО на динамические показатели биомассы при изучении ассоциаций продуцентов и консументов наземных экосистем не обнаружено.

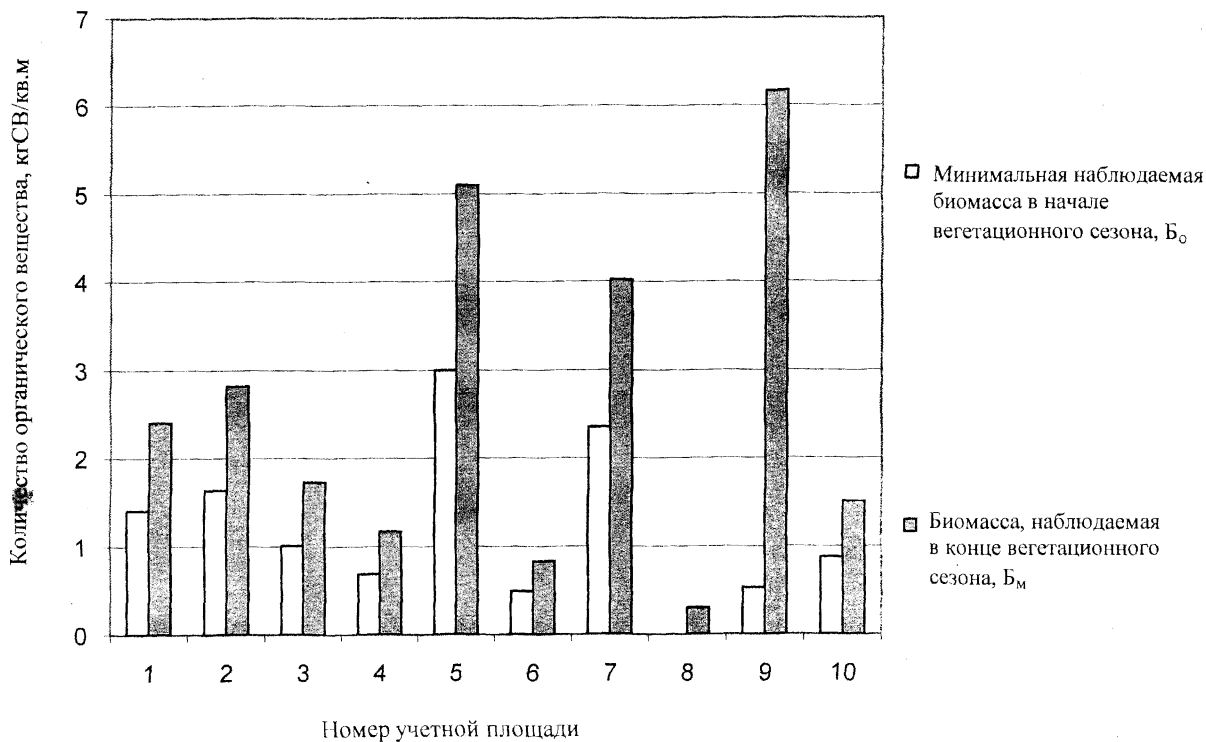


Рис. 2. Соотношение количества органического вещества биомассы в начале и конце вегетационного периода 2002 г. и ее годовой прирост на учетных площадях вокруг ОУХО: 1 – предклимаксовая сукцессионная стадия демутации пастбищного соя; 2 – целинная типчаково-ковыльная степь; 3 – сукцессионная стадия корневищных злаков демутации пастбищного соя; 4 – пионерно-сукцессионная стадия демутации пастбищного соя; 5 – лугово-степная растительность; 6 – полынный сбой пастбищной дигрессии залежи; 7 – прибрежно-водная растительность р. Сакмы; 8 – агроценозы (пары); 9 – бурьянистая стадия демутации залежи; 10 – полезащитная лесная полоса (травянистый ярус)

Изучение состояния организмов семи модельных видов животных, которое осуществлялось с применением интегральной методики оценки здоровья среды и трех эколого-физиологических подходов, показало, что несмотря на некоторые различия в результатах, полученных по разным методам и видам, общая картина сходна. Анализ показателей морфогенетического гомеостаза двух модельных видов млекопитающих позволяет отметить, что ситуация на обширных пространствах агроценозов и участках степей различной стадии дигрессии вокруг объекта и поселка в целом соответствует условной норме (рис. 3).

Относительно тяжелая ситуация по пятому критическому баллу пятибалльной шкалы отклонений от нормы обнаружена в зоне наиболее сильного антропогенного воздействия – в центральной части пос. Горный. Причина этого – комплекс воздействий при-

родного и антропогенного характера, не связанных со спецификой функционирования терминала по УХО. В непосредственной близости от границ промышленной площадки терминала степень отклонения от нормы снижается или остается на прежнем уровне. При этом малая лесная мышь является более чувствительным видом в отношении внешних воздействий по сравнению с домовою.

Оценка состояния рыб и земноводных показала, что для участка русла р. Сакмы в пределах центральной части пос. Горный отклонения состояния организма по большинству параметров очень значительны (соответствуют IV–V баллам пятибалльной шкалы отклонений от нормы) и наблюдаются даже в Сакминском водохранилище (рис. 4).

В непосредственной близости от ОУХО ситуация несколько нормализуется (II–III баллы), однако она несколько хуже показателей, отмеченных для контрольной точки (р. Б. Ир-

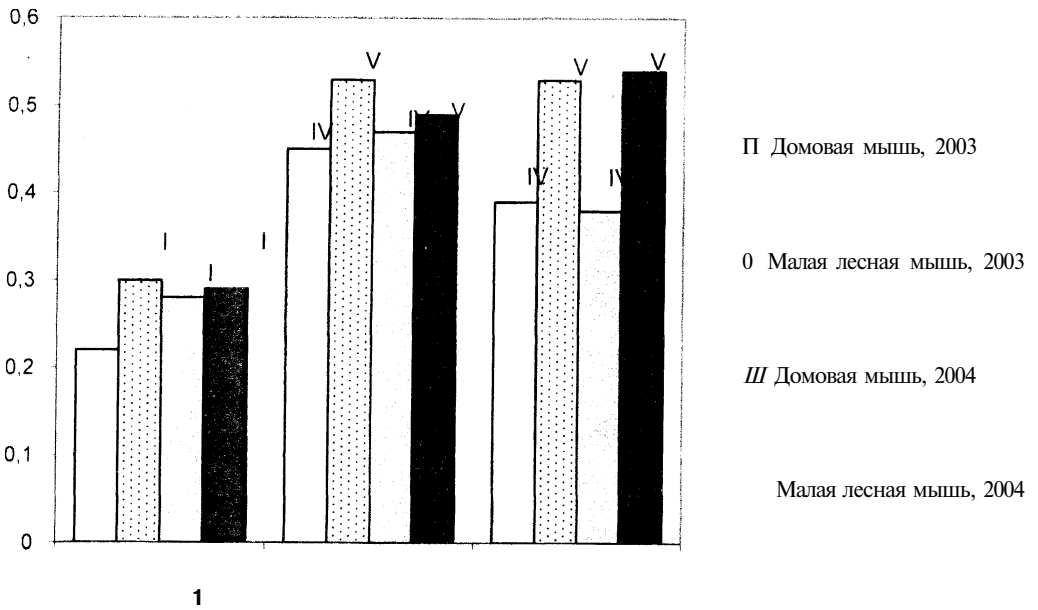


РИС. 3. Величина интегрального показателя стабильности развития в выборках двух видов млекопитающих, полученных в 2003-2004 гг.: / - 25 км от пос. Горный (контрольная); 2 ~ центр пос. Горный; 3 - у границ ОУХО; I-У - балльная оценка показателя, в которой I балл соответствует условной норме

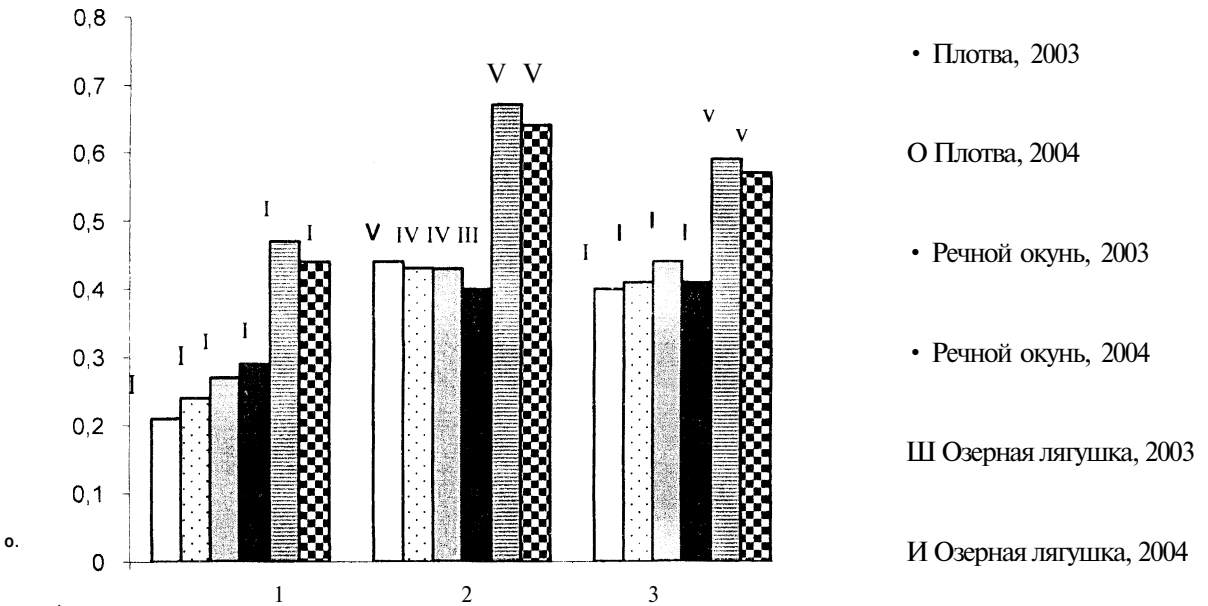


РИС. 4. Величина интегрального показателя стабильности развития в выборках двух видов рыб и одного вида амфибий (2003 -2004 гг.): / - р. Б. Ирғиз, 25 км от пос, Горный (контрольная); 2 - р. Сакма у переезда в центре пос. Горный; 3 - р. Сакма у границ ОУХО, развилка на ст. Рукополь

гиз в окрестностях с. Н. Сакма). Дополнительно было отмечено, что озерная лягушка более чувствительна к внешним воздействиям, чем другие использованные биоиндикаторы из группы гидробионтов. Главной при-

чиной негативного состояния р. Сакмы в пределах населенного пункта являются бытовые стоки и низкая проточность водоема, что значительно ухудшает ее способность к самоочищению. Прямого или опосредован-



ного воздействия ОУХО на водные ценозы за годы исследования не выявлено. В целом интегральный показатель морфогенетического гомеостаза у водных и наземных позвоночных достоверно выше в выборках из точек, находящихся в центральной части пос. Горный, и его значения соответствуют в среднем 4.3 балла пятибалльной шкалы оценки отклонений от нормы. В местах с интенсивным сельским хозяйством и выпасом скота, а также рядом с крупной автомобиль-

ной развилкой, находящейся на границе с ОУХО, этот показатель составил 3.9 балла.

Полученная оценка цитогенетического гомеостаза модельных видов млекопитающих по частоте aberrаций хромосом свидетельствует о его нарушении у животных из точек 2 и 3 по сравнению с контролем (табл. 2, 3). По пятибалльной шкале отклонений от нормы ситуация в условно контрольной точке соответствует первому баллу, в остальных отмечены отклонения от нормы, соответствующие II–III баллам.

Таблица 2

Частота клеток с разными типами хромосомных нарушений в выборках домовых мыши из разных точек в окрестностях пос. Горный

Показатели	Точки					
	1		2		3	
	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.
Число особей	15	15	25	25	25	25
Число клеток	189	211	201	219	254	211
Аберрантные клетки, %:						
- с хромосомными делециями	1.6	1.8	6.7	6.2	5.4	5.3
- анеуплоидные клетки	–	–	–	–	0.5	–
Общее число аберрантных клеток*	1.6±0.90	1.6±0.09	6.7±1.04	6.5±1.06	5.9±1.05	5.7±1.02

* В качестве спонтанного уровня принята частота аберрантных клеток до 3.5%.

Таблица 3

Частота встречаемости эритроцитов с микроядрами в периферической крови домовых мыши из разных точек пос. Горный и его окрестностей

Показатели	Точки					
	1		2		3	
	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.	2003 г.	2004 г.
Число особей	15	15	25	25	25	25
Число клеток	9000	10000	21000	17000	11000	13000
Частота микроядерных клеток, %	2.12	2.01	3.12	3.11	1.76	1.89

Анализ результатов микроядерного теста у домовых мыши выявил, что максимальная частота клеток с микроядрами отмечена в выборке из точки 2, в которой исследованный вид показал превышение известной частоты спонтанного образования микроядер на 1% больше нормы. Данные микроядерного теста, характеризующего мутагенность среды, свидетельствуют о неблагоприятной ситуации в центральной части пос. Горный при наибольшем антропогенном воздействии.

Анализ периферической крови домовых мышей в исследуемых выборках показывает, что у животных из точек 2 и 3 наблюдается

лейкопения при выраженном лимфоцитозе. У животных из точки 2 отсутствуют изменения в количестве нейтрофилов и моноцитов по сравнению с контролем. Число эозинофилов в выборке мышей из точки 2 достоверно (при $p < 0.05$) меньше. В противоположность этому у мышей из точки 3 наблюдалось пониженное содержание нейтрофилов и повышенное эозинофилов. Результаты, подтверждающие некоторые нарушения цитогенетического и иммунологического гомеостаза, были также получены в отношении малой лесной мыши, четырех модельных видов рыб и одного вида амфибий.



На основании результатов интегральной оценки качества среды необходимо заключить, что состояние экосистем на большей части района является удовлетворительным, однако имеет черты, характерные для регионов с развитыми сельским хозяйством и промышленностью и не связано со спецификой функционирования терминала по УХО. Зафиксированное антропогенное воздействие на природные комплексы, граничащие с объектом, является множественным и имеет отрицательную, а в некоторых случаях даже позитивную направленность. Например, с одной стороны, в ЗЗМ возрос фактор беспокойства вследствие привлечения к строительству промышленного комплекса значительного количества строительной техники и автотранспорта. Прокладка новых подъездных артерий, сооружение очистных сооружений и линий электропередачи, распашка эталонных степных и лугово-степных участков, примыкающих к границе промышленной зоны, сказались на увеличении раздробленности и контурности полей, а также вызвали некоторое снижение видового разнообразия природных комплексов в непосредственной близости от объекта.

С другой стороны, переход завода в режим штатного функционирования постепенно приводил к ситуации, когда степень антропогенного воздействия на экосистемы ЗЗМ несколько снизилась. Этапы исследований 2004–2008 гг. показали, что большинство подъездных путей к объекту, интенсивно используемых при его строительстве, законсервировано или демонтировано; в зоне отчуждения вокруг терминала стали преобладать молодые залежи, которые сформировались после распашки доминирующих здесь ранее целинных участков. В связи с этим в непосредственной близости от терминала были зарегистрированы различные формы пребывания редких для Саратовской области видов птиц (дрофы, стрепета, красавки, огаря, ходулочника, степной тиркушки).

Принципиальная схема мониторинга биоты на ОУХО

В результате осуществленных исследований вокруг ОУХО в пос. Горный обоснована система мониторинга биоты, которая объединяет как традиционные методы биологических исследований, так и специальные

методики. Она может быть рекомендована к использованию на других ОУХО. Алгоритм исследований состоит из нескольких последовательных этапов: подготовительного, этапа апробации и внедрения, анализа результатов мониторинга, контроля, корректировки и оптимизации системы, этапа управления качеством среды и управленческих решений (рис. 5).

На подготовительном этапе проводится определение биоиндикаторных и биомаркерных показателей состояния экосистем района расположения ОУХО. В состав биоиндикаторов включаются виды растений и животных, соответствующие требованиям, предъявляемым к тест-объектам, и являющиеся фоновыми в условиях расположения ОУХО. При создании системы определяются критерии качества окружающей природной среды по биологическим показателям для конкретного региона. Критерии качества, предлагаемые для использования в биологическом мониторинге, должны относиться к различным уровням организации живых систем – организменному, популяционному и экосистемному.

С учетом расположения основных типов растительности, геотехнических систем и мест химического пробоотбора в районе расположения ОУХО разрабатывается система стационарных площадок и маршрутов, проводится их картирование и маркирование для долговременного использования. Затем определяются периодичность и сроки выполнения биомониторинговых работ. Этап апробации и внедрения регламента мониторинга биоты заключается в постоянном круглогодичном слежении за состоянием растительного и животного мира средствами оперативного и стационарного мониторинга. Главной тенденцией данного этапа является оценка современного фонового состояния растительного и животного мира. При качественном анализе состава флоры оцениваются спектр жизненных форм, эндемизм и степень синантропизации. Изучение фауны предполагает определение фаунистических типов, количества и обилия фоновых и редких видов. Особое место в исследованиях отводится выявлению видов животных и растений, занесенных в Красные книги различного ранга.

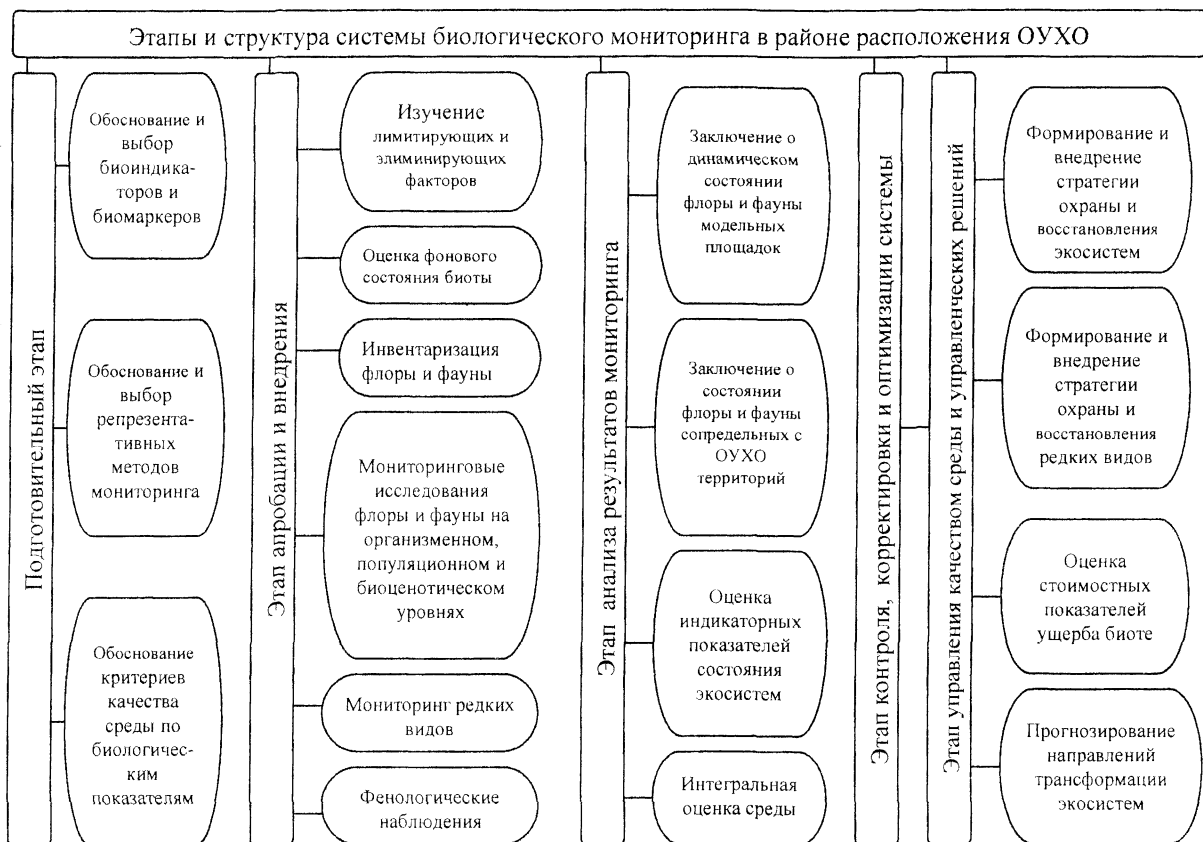


Рис. 5. Принципиальная схема мониторинга биоты в ЗЗМ ОУХО

Представление о фоновом состоянии экосистем дополняется сведениями о динамике биоценозов. Одновременно с определением основных типов растительных сообществ анализируются показатели динамики биомассы растительности модельных площадок. Оценивается также динамика зооценозов, в том числе колебания численности фоновых видов животных и особенности образования вторичной продукции в различные периоды наблюдений. Важным компонентом исследовательской деятельности на данном этапе является отбор проб растительности и животного материала для последующего анализа содержания в них загрязняющих веществ. Отбор биопроб производится в тех же точках, где отбираются почва, вода и воздух с учетом видовой территориальной представительности биообъектов и их транслокационной способности к загрязняющим веществам. На этапе апробации и внедрения целесообразно использовать комплексные тест-системы, включающие интегральную оценку качества окружающей среды [23–25].

Следующий этап биомониторинговых наблюдений является полностью аналитическим. Данные, полученные при реализации предыдущих этапов, представляют основу для описания состава и структуры фито- и зооценозов, построения индексов, характеризующих видовое разнообразие, полового и возрастного составов сообществ, анализа индикаторных показателей состояния экосистем и т.д. Результаты комплексных биомониторинговых работ, выполненных с помощью различных методик как на модельных площадках, так и на сопредельных территориях, способствуют получению интегральной оценки состояния природных комплексов района расположения ОУХО.

Контроль, корректировка и оптимизация алгоритма БМ охватывают все направления биомониторинговых работ. Например, дорабатываются методики унифицированного описания фенологических процессов, с помощью статистических методов определяются временные границы сезонных аспектов жизнедеятельности растительных и живот-



ных сообществ, в пределах которых проводится дальнейшее описание динамических процессов в экосистемах.

Этап управления качеством природной среды заключается в принятии и реализации управленческих решений с учетом информации, полученной на основе анализа результатов БМ. Кроме того, данный этап работ должен закладывать основу для прогнозирования динамики биологических показателей в период функционирования ОУХО и в последующий после УХО период. С использованием параметров, характеризующих состав и структурные особенности растительных и животных сообществ, исторических сведений о функционировании биоценозов в прошлом, а также сведений о современных динамических процессах в популяциях формируется модель наиболее вероятного последующего развития биоты. При этом рассматриваются варианты естественной трансформации экосистем и ожидаемые изменения при различной интенсивности воздействия контролируемых факторов, вплоть до последствий техногенной катастрофы. Нормативные документы, основанные на данных о биоразнообразии исследованных территорий и характере антропогенного вмешательства, представляют собой предварительные материалы для определения стоимостных показателей ущерба растительному и животному миру, который может быть нанесен в процессе строительства и функционирования ОУХО.

Результаты мониторинга биоты на сопредельных с ОУХО территориях актуализировали проблему сохранения и восстановления нарушенных человеческой деятельностью экосистем, и особенно редких и исчезающих видов флоры и фауны. С целью определения путей минимизации возможного ущерба в результате штатного и внештатного функционирования объекта в работе представлена стратегия охраны и восстановления экосистем и их разнообразия. Важно, чтобы охранные и восстановительные мероприятия на сопредельных с ОУХО территориях начинались с биоремедиации, технической и биологической рекультивации, специализированной территориальной охраны, лесовосстановительных работ и озеленения.

Современный этап БМ на территории вокруг ОУХО предполагает решение задач по оптимизации вхождения разработанной системы в единую систему государственного экологического мониторинга, а также по внедрению современных высокотехнологичных биологических подходов и ГИС-технологий.

Библиографический список

1. Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. М., 1996.
2. Шкодиц П.Е., Желтобрюхов В.Ф., Клаучек В.В. Эколого-гигиенические проблемы уничтожения химического оружия. Волгоград. 2004. 236 с.
3. Куценко В.В., Горлов В.Г., Протопопов Е.В. Обоснование общей концепции обеспечения экологической безопасности работ по уничтожению химического оружия // Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева). 1994. Т. XXXVIII, № 2. С. 110–112.
4. Холстов В.И., Тарасевич Ю.В., Григорьев С.Г. Пути решения проблемы безопасности объектов по уничтожению химического оружия // Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева). 1995. Т. XXXIX, № 4. С. 65–72.
5. Симманский А.В. Обеспечение безопасности хранения и уничтожения ХО // Состояние окружающей среды в районе хранения химического оружия и месте размещения будущего объекта по его уничтожению. Пенза, 1999. С. 5–13.
6. Кургузкин М.Г. Экологический мониторинг и контроль на объектах повышенной опасности // Экологический мониторинг. М.; Ижевск, 2002. С. 122–126.
7. Зубцовский Н.Е. К вопросу об организации системы локального экологического мониторинга на территории Удмуртской Республики // Экологический мониторинг. М.; Ижевск, 2002. С. 55–65.
8. Израэль Ю.А., Филиппова Л.М., Семевский Ф.Н. О некоторых теоретических аспектах экологического мониторинга состояния природной среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1979. Т. 2. С. 7–29.
9. Решетников С.М. Некоторые вопросы экологического мониторинга в связи с проблемами уничтожения вооружений // Экологический мониторинг. М.; Ижевск, 2002. С. 66–68.
10. Голденков В.А., Дикий В.В., Лизунова Г.В. Феномен множественной химической чувствительности как следствие воздействия сверхмалых доз веществ // Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева). 2002. Т. XLVI, № 6. С. 39–45.
11. Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга. Калуга, 2003. 158 с.
12. Криволицкий Д.А., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.А. Биоиндикация и экологическое нормирование // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. М., 1987. С. 18–27.



13. Захаров В.Ю. Концепция биомониторинга как составной части комплексного экологического мониторинга // Экологический мониторинг. М.; Ижевск, 2002. С.42–54.

14. География и мониторинг биоразнообразия. М., 2002. 432 с.

15. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Теоретические подходы и практические рекомендации по созданию и внедрению системы биологического мониторинга на объектах по уничтожению химического оружия // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2004. Вып.7. С.119–130.

16. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Экологические и исторические аспекты уничтожения химического оружия в Саратовской области // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2005. Вып.8. С.88–96.

17. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Экологические проблемы уничтожения химического оружия в Саратовской области // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2005. Вып.8. С.97–105.

18. Толстых А.В., Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Разработка, внедрение и эксплуатация системы биологического мониторинга на объекте по уничтожению химического оружия в Саратовской области // Поволж. экол. журн. Спец. вып. Саратов, 2005. С.47–62.

19. Шляхтин Г.В., Толстых А.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Оценка морфогенетического гомеостаза живых компонентов экосистем в системе биологического

мониторинга (на примере объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области) // Поволж. экол. журн. Спец. вып. Саратов, 2005. С.83–102.

20. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Интегральная оценка состояния живых компонентов экосистем в биологическом мониторинге объектов по уничтожению химического оружия (на примере пос. Горный Саратовской области) // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2006. Вып.9. С.82–90.

21. Перевозникова Т.В., Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Березуцкий М.А. Теоретические и практические подходы к выделению модельных площадей как основополагающий этап в организации биомониторинговых наблюдений на объектах по уничтожению химического оружия // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2006. Вып.9. С.97–102.

22. Перевозникова Т.В. Система биологического мониторинга вокруг объектов по уничтожению химического оружия (на примере терминала в пос. Горный Саратовской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2007. 20 с.

23. Захаров В.М. и др. Биотест: Интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. М., 1993. 68 с.

24. Захаров В.М. и др. Последствия чернобыльской катастрофы: Здоровье среды. М., 1996. 170 с.

25. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В. Здоровье среды: методика оценки. М., 2000. 68 с.

УДК 577.35

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРИРОСТ ОДНОКЛЕТОЧНОЙ ВОДОРΟΣЛИ *SCENEDESMUS*

Д.А. Усанов, А.В. Скрипаль, А.В. Рзянина, А.Д. Усанов

Саратовский государственный университет
E-mail: UsanovDA@info.sgu.ru

Исследована зависимость прироста биомассы одноклеточной водоросли *Scenedesmus* от времени воздействия переменного низкочастотного магнитного поля. Установлено, что длительность культивирования водоросли в переменном магнитном поле можно сократить до 3 суток. Этого достаточно, чтобы существенно повысить скорость роста одноклеточной водоросли *Scenedesmus*.
Ключевые слова: одноклеточные водоросли *Scenedesmus*, переменное магнитное поле, биомасса.

Influence of Action Time of Variable Low-Frequency Magnetic Field on the Growth of Single-Celled Alga *Scenedesmus*

D.A. Usanov, A.V. Skripal, A.V. Rzyanina, A.D. Usanov

The dependence of biomass growth of single-cell alga *Scenedesmus* on action time of variable low-frequency magnetic field has been investigated.

It has been established that the long of cultivation of the alga in variable magnetic field can be to reduce up to 3 days. That is enough for essential increase of growth rate of single-cell alga *Scenedesmus*.

Key words: single-cell alga, *Scenedesmus*, variable magnetic field, biomass.



Введение

Фотосинтезирующие организмы, в частности микроводоросли, привлекают все большее внимание исследователей в области биотехнологии. По своим морфологическим, физиолого-биохимическим характеристикам микроводоросли являются общепризнанным объектом массового культивирования для нужд биотехнологического производства.

Для этой цели, в частности, могут быть использованы одноклеточные водоросли – хлорелла и сценедесмус [1–4]. Это довольно неприхотливые, быстро делящиеся водоросли. При выращивании в благоприятных условиях процесс деления их клеток занимает примерно 12 часов. Фотосинтез в этих организмах некоторое время может продолжаться