

УДК 574.632(470.44)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЁМОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В ПОС. ГОРНЫЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М. Ю. Воронин¹, Е. А. Танайлова², Н. В. Полухина²,
К. Г. Грищенко², В. В. Козулин², А. А. Буланова¹

¹ *Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: voroninmj@yandex.ru*

² *Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии
Россия, 410002, Саратов, Московская, 66*

Поступила в редакцию 18.05.12 г.

Экологическое состояние водоёмов в районе объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области. – Воронин М. Ю., Танайлова Е. А., Полухина Н. В., Грищенко К. Г., Козулин В. В., Буланова А. А. – Проведена комплексная оценка состояния водоёмов в районе объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области. Отмечены цитопатологические нарушения и повышенная частота встречаемости микроядер в эритроцитах рыб, снижение качества воды по показателям макрозообентоса на территории санитарно-защитной зоны.

Ключевые слова: химическое оружие, биотестирование, макрозообентос, цитогенетический анализ, генотоксичность.

Ecological condition of reservoirs near the chemical weapon destruction object (Gornyi town, Saratov region). – Voronin M. Yu., Tanaylova E. A., Polukhina N. V., Grischenko K. G., Kozulin V. V., and Bulanova A. A. – A complex estimation of the status of reservoirs over the chemistry weapon destruction area near the Gornyi town (Saratov region) was performed. Cytopathological deviations and a high frequency of micronucleus in the erythrocytes of fishes are observed. Macrozoobenthos parameters in the surveyed area show a poor water quality over the sanitarian-protective area.

Key words: chemical weapon, biotesting, macrozoobenthos, cytogenetic analysis, genotoxic.

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг химического загрязнения окружающей среды, в том числе и последствий уничтожения химического оружия, предъявляет определенные методические требования к объекту исследования. Из-за сложности путей миграции и накопления в биологических системах загрязнителей необходимо одновременно изучать различные компоненты окружающей среды, подверженной влиянию объекта по уничтожению химического оружия (Шляхтин и др., 2007; Котегов и др., 2011).

Неоднозначность реакции биоты и маскирование биологического эффекта воздействия загрязнителей заставляет использовать принципиально различные методы биомониторинга.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЁМОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА

Целью настоящего исследования явилась комплексная оценка состояния водоёмов в районе объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области с использованием показателей макрозообентоса и цитогенетических параметров эритроцитов рыб.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отбор проб бентоса на р. Сакма осуществлялся 19 – 21.09.2011 г. и 17 – 20.09.2012 г. на стационарных площадках, находящихся в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) объекта по уничтожению химического оружия (УХО) (рисунок). Пробы отбирались на площадках расположенных выше (площадки № 1, 3) и ниже (№ 2, 6) по течению реки относительно объекта, в прудах (площадки № 4, 5), в качестве контрольной была выбрана площадка выше по течению р. Сакма за пределами ЗЗМ (№ 7). На всех стационарных площадках отмечались мелкодисперсные илистые грунты. Отлов рыб осуществлялся на трех площадках: № 1 (СЗЗ), № 3 (ЗЗМ), № 7 (контроль).

Всего было отобрано дночерпателем ДАК-250 на глубинах 0.7 – 1 м. и обработано по общепринятым гидробиологическим методикам 14 проб макрозообентоса (Методика изучения..., 1975). Видовое определение проводили по «Определителю пресноводных беспозвоночных...» (1994 – 2004). По индексам Шеннона и Симпсона оценивали α -разнообразие сообществ (География и мониторинг..., 2002). Оценка экологического состояния водоёмов проводилась по биотическому индексу Вудивисса, сапробность по индексу Пантле–Бука в модификации Сладечека (Практическая гидробиология, 2006).

Цитогенетическое воздействие воды на биоту определяли по уровню цитопатологических изменений и частоте встречаемости микроядер в эритроцитах периферической крови рыб. Для приготовления микропрепаратов кровь отбирали прижизненно из хвостовой вены 10 половозрелых особей без видимых внешних повреждений на каждой из исследованных площадок. На микропрепаратах прово-

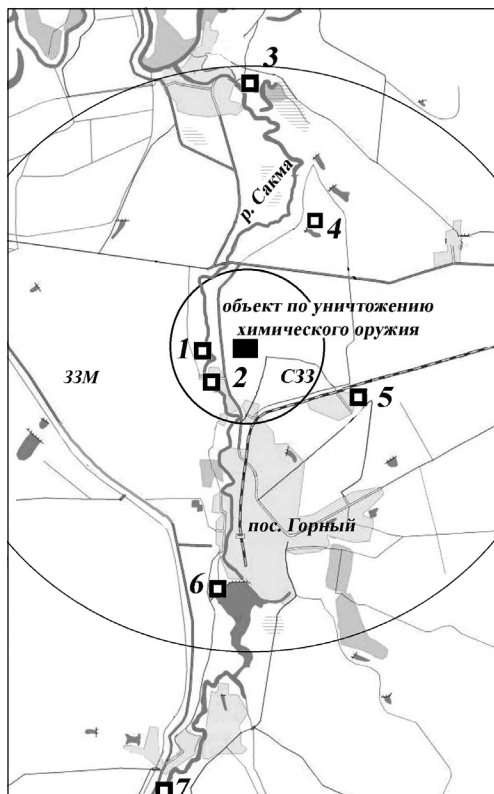


Схема расположения стационарных площадок (№ 1 – 7) в районе объекта по уничтожению химического оружия

дился учет эритроцитов с микроядрами (Ильинских и др., 1992). В связи с трудностями определения возраста рыб для исследований отбирались особи размером 15 – 18 см. На каждом препарате просматривали не менее 2000 клеток. Сравнение выборок осуществляли по *X*-критерию рангов Ван-дер-Вардена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Реакция сообществ на загрязняющие вещества рассматривалась на примере макрозообентоса как важнейшего объекта биомониторинга пресноводных водоёмов. Организмы макрозообентоса обладают сравнительно большой продолжительностью жизни, следовательно, в большинстве случаев адекватно отражают средний уровень воздействия факторов среды за продолжительный период времени. Кроме того, сообщества макрозообентоса вносят заметный вклад в биотический баланс водоёмов, поэтому изучение этой группировки целесообразно для определения состояния экосистемы в целом (Баканов, 1999).

За период исследования в составе макрозообентоса обнаружено 46 видов гидробионтов: олигохет – 2, пиявок – 2, десятиногих раков – 1, амфипод – 1, клещей – 1, стрекоз – 8, подёнок – 1, вислокрылок – 1, клопов – 1, хирономид – 18, мокрецов – 1, ручейников – 3, жуков – 1, брюхоногих моллюсков – 3, двусторчатых моллюсков – 2. Большая часть обнаруженных гидробионтов эврибионтные, широко распространенные в европейской части России виды, устойчивые к высокому уровню органического и химического загрязнения (Волга и ее жизнь, 1978).

Биомасса и численность макрозообентоса на исследованных стационарных площадках значительно варьировала от 0.15 до 280.07 г/м² и от 80 до 2520 экз./м² соответственно. Слабо развит макрозообентос в прудах в районе исследования (площадки № 4, 5), здесь же наблюдается наименьшее видовое разнообразие. Существенных отличий видового богатства и разнообразия макрозообентоса на р. Сакма в СЗЗ, ЗЗМ объекта и контроле не отмечено (табл. 1).

Таблица 1

Численность (*N*, экз./м²), биомасса (*B*, г/м²) макрозообентоса и индексы видового разнообразия

№ стационарной площадки	<i>N</i>	<i>B</i>	Индексы видового разнообразия					
			<i>D</i>	<i>H</i>	<i>E</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>S</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	160	100.35	0.38	1.50	0.95	3	–	1.75
	320	3.68	0.31	2.00	0.86	5	4	2.00
2	400	105.50	0.18	2.65	0.94	7	3	1.91
	520	12.94	0.14	3.03	0.96	9	5	2.20
3	1480	4.97	0.16	2.93	0.88	10	6	2.51
	520	181.16	0.12	3.18	0.96	10	5	2.3
4	520	1.36	0.74	0.62	0.62	2	1	2.00
	80	0.15	1.00	0.00	–	1	–	–
5	280	2.33	0.31	1.84	0.92	4	2	2.50
	1000	6.08	0.38	1.76	0.68	6	5	3.28

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЁМОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	<u>840</u>	<u>5.32</u>	<u>0.20</u>	<u>2.41</u>	<u>0.93</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>2.66</u>
	2520	5.62	0.20	2.63	0.76	11	5	2.30
7	<u>480</u>	<u>146.74</u>	<u>0.17</u>	<u>2.79</u>	<u>0.93</u>	<u>8</u>	<u>6</u>	<u>2.10</u>
	1280	280.07	0.19	2.74	0.82	10	6	2.35

Примечание. Индексы видового разнообразия: *D* – Симпсона, *H* – Шеннона, *E* – Пие-лу, *M* – общее количество видов, *V* – Вудивисса и *S* – сапробности, рассчитанные по данным 2011 г. (в числителе) и 2012 г. (в знаменателе).

Значения индексов сапробности для стационарных площадок лежат в пределах 1.75 – 3.28, что характеризует условия в водоёмах района исследования как β-мезосапробные – α-мезосапробные (умеренно загрязненные – загрязненные воды, 3-й и 4-й класс качества). Худшие условия наблюдаются в прудах района исследования (см. табл. 1). Значения индексов сапробности, вычисленные для стационарных площадок р. Сакма, характеризуют условия как β-мезосапробные (умеренно загрязненные воды).

Оценка генотоксического действия окружающей среды на отдельные организмы проводилась на основе анализа цитогенетических нарушений. Объектом изучения являлся типичный для водоёмов на территории объекта УХО вид – карась серебряный (*Carassius gibelio* (Bloch)). У отловленных особей анализировалась частота возникновения микроядер в эритроцитах периферической крови. Повышение уровня аберрантных клеток является показателем цитогенетического гомеостаза популяций (Захаров и др., 2000; Лебедева и др., 2004). Система кроветворения является одним из наиболее чувствительных и надежных индикаторов состояния организма и условий его существования, соответственно патологические изменения физиологического состояния в первую очередь отражаются на гематологических показателях (Симаков, 1998; Кузина, 2010; Sánchez et al., 1998). Микроядерный тест широко применяется для обнаружения хромосомных нарушений и позволяет одновременно оценить несколько параметров (микроядра и другие кариологические показатели).

В результате анализа мазков крови рыб в эритроцитах зарегистрировано наличие микроядер. На контрольной точке данный показатель составлял в 2011 г. $0.58 \pm 0.34\%$, в 2012 г. – $0.87 \pm 0.47\%$. Исследование периферической крови рыб, выловленных с площадки № 3, не позволило выявить существенных отличий по сравнению с контрольной точкой. Однако при проведении анализа крови рыб, выловленных с площадки № 1, было отмечено увеличение количества микроядер как в 2011, так и в 2012 г. (1.5 ± 1.19 и 2.13 ± 1.02 соответственно) (табл. 2). Повышение уровня

Таблица 2

Частота встречаемости микроядер в эритроцитах крови *Carassius gibelio*

№ стационарной площадки	2011 г.	2012 г.
1	$1.5 \pm 1.19^*$	$2.13 \pm 1.02^*$
3	0.35 ± 0.28	0.25 ± 0.28
7 (контроль)	0.58 ± 0.34	0.87 ± 0.47

* Различия по частоте встречаемости достоверны по сравнению с контролем.

микроядер указывает на нарушение цитогенетического гомеостаза, а также является проявлением реализации компенсаторно-адаптивных процессов в условиях неблагоприятной токсикологической обстановки.

Были выявлены также другие деструктивные нарушения ядра (протрузии, насечки, пойкилоцитоз, хроматинолиз, дву- и полиядерные клетки). Полученные результаты свидетельствуют о присутствии дегенеративных процессов в организме рыб в водоёме, расположенном в пределах СЗЗ объекта по уничтожению химического оружия. Причиной наблюдаемых нарушений структуры ядра эритроцитов периферической крови рыб может являться как загрязнители, имеющие отношение к объекту УХО, так и прочие вещества, связанные с близостью к исследуемому водоёму населенного пункта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значения индексов сапробности, вычисленные на основании анализа макрозообентоса, характеризуют воды поверхностных водоёмов СЗЗ и ЗЗМ объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный как β -мезосапробные – α -мезосапробные. Отмечена повышенная частота встречаемости микроядер в эритроцитах рыб, выловленных в СЗЗ объекта УХО. Однозначно связывать полученные результаты с влиянием объекта по уничтожению химического оружия на данный момент времени не представляется возможным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баканов А. И.* Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоёмов по зообентосу // Водные ресурсы. 1999. Т. 26, № 1. С. 108 – 111.
- Волга и ее жизнь. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. 352 с.
- География и мониторинг биоразнообразия. М. : НУМЦ, 2002. 432 с.
- Захаров В. Н., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубиншвили А. Т.* Здоровье среды : методика оценки / Центр экологической политики России. М., 2000. 68 с.
- Ильинских Н. Н., Новицкий В. В., Ванчугова Н. Н., Ильинских И. Н.* Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1992. 272 с.
- Котегов Б. Г., Капитонова О. А., Холмогорова Н. В., Адаховский Д. А., Константинова А. С.* Оценка состояния природных экосистем методами биоиндикации в окрестностях завода по уничтожению химического оружия // Поволж. экол. журн. 2011. № 4. С. 442 – 454.
- Кузина Т. В.* Образование микроядер в эритроцитах промысловых рыб Волго-Каспийского канала // Естественные науки. 2010. № 4 (33). С. 124 – 129.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. 240 с.
- Лебедева Л. И., Федорова С. А., Трунова С. А., Омелянчук Л. В.* Митоз. Регуляция и организация деления клеточного ядра // Генетика. 2004. Т. 40, № 12. С. 1589 – 1608.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1994. Т. 1. 396 с.; 1995. Т. 2. 628 с.; 1997. Т. 3. 444 с.; 1999. Т. 4. 1000 с.; 2001. Т. 5. 840 с.; 2004. Т. 6. 528 с.
- Практическая гидробиология / под ред. В. Д. Федорова, В. И. Капкова. М. : Изд-во «ПИМ», 2006. 367 с.
- Симаков Ю. Г.* Учет частоты образования микроядер в эритроцитах рыб // Методические указания по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЁМОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА

для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М. : ВНИРО, 1998. С. 100.

Шляхтин Г. В., Завьялов Е. В., Первозникова Т. В. Опыт эксплуатации системы биологического мониторинга на объекте по уничтожению химического оружия в Саратовской области // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2007. № 1. С. 250 – 254.

Sánchez S., Linde A. R., Izquierdo J. I., Garcia-Vázquez E. Micronuclei and fluctuating asymmetry in brown trout (*Salmo trutta*) complementary methods to biomonitor freshwater ecosystems // Mutat. Res. 1998. Vol. 412. P. 219 – 225.