

Иванова И.Ю., Соловых Г.Н., Амелина Л.В., Томилина И.И., Прохорова И.М.**

Оренбургская государственная медицинская академия

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Ярославская обл.

**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКИХ И МУТАГЕННЫХ СВОЙСТВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕК УРАЛА И САКМАРЫ В РАЙОНЕ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА (ОРЕНБУРГ)

В донных отложениях рек Урала и Сакмары в районе крупного промышленного центра – Оренбурга установлено присутствие веществ, способных оказывать токсическое и мутагенное воздействия на тест – объекты. Наличие таких веществ в грунтах свидетельствует об источнике хронического загрязнения рек в исследуемом районе. Сравнение данных, полученных на токсикогенетических тестах с использованием *Chlorella vulgaris*, *Allium cepa*, *Drosophila melanogaster*, показало, что уровень и спектр мутагенного загрязнения ДО меняются в зависимости от срока и места отбора проб.

Введение

В настоящее время возрастает антропогенное влияние на природные водоемы и водооток, особенно это касается рек, протекающих по хорошо освоенным территориям. Урбанизация территорий, использование аквальных ландшафтов в рекреационных целях, перегрузка очистных сооружений, невыполнение предприятиями – загрязнителями норм очистки сточных промышленных вод, полное отсутствие очистки талых сточных вод в паводковый период, хозяйственные стоки, поступающие в естественные водоемы без очистки, и другие факторы могут привести к загрязнению природных водных систем, хроническим и по большей части необратимым «болезненным» изменениям водоемов. Исследования донных отложений – абиотического компонента водной экосистемы и выявление веществ в грунтах, способных оказывать токсическое и мутагенное воздействия на тест – объекты, свидетельствует об источнике хронического загрязнения водного объекта, позволяет определить потенциальную угрозу биоценозу водоема и риск возникновения отдаленных последствий из-за возрастания уровня мутагенности природной среды под воздействием присутствующих в водоеме токсикантов.

Реки Урал и Сакмара в районе крупного промышленного центра – Оренбурга подвержены влиянию промышленно – бытовых стоков Оренбурга и прилегающих к городу сельскохозяйственных угодий.

Цель настоящих исследований – комплексная оценка токсического и мутагенного (генотоксического) загрязнений донных отложений рек Урала и Сакмары в районе крупного промышленного центра – Оренбурга. Оценку проводили по токсикологическим параметрам (оценка токсичности водной вытяжки донных отложений с использованием культуры ветвистоусых рачков *Ceriodaphnia affinis* Lillieborg (Cladocera, Crustacea) – наиболее чувствительного к загрязнению звена экосистемы) и по мутагенной активности, определяемой по видимым мутациям (ВМ) у водоросли *Chlorella vulgaris*, доминантным летальным мутациям (ДЛМ) у *Drosophila melanogaster*, учета хромосомных aberrаций (ХА) в меристеме *Allium cepa*.

Конкретными задачами было: 1) выявить присутствие в донных отложениях обследуемого района веществ, способных оказать токсическое и мутагенное действия на гидробионтов и провести сравнение токсического и генотоксического эффектов; 2) определить по результатам изучения донных отложений, насколько хроническими являются эти загрязнения; 3) оценить временную динамику токсической и мутагенной активности донных отложений.

В работе использованы данные наблюдений, проведенных в августе – сентябре 2004 г.

Материал и методы исследования

Донные отложения отбирали с горизонта 0-10 см дночерпателем в августе – сентяб-

ре 2004 г. на 4 станциях реки Урал и 1 станции реки Сакмара в районе Оренбурга.

Водную вытяжку донных отложений (ВВДО) для последующих токсикологических анализов готовили по методике (Томилина, Комов, 1996); для токсигенетических исследований ВВДО готовили следующим образом: 5 гр. грунта заливались 50 мл дистиллированной воды, ставились на качалку на 2 часа для экстрагирования, экстракт отфильтровывался и высушивался, осадок растворялся в 5 мл дистиллированной воды (Дубинина, 1996).

Токсичность водной вытяжки донных отложений (ВВДО) определяли методом биотестирования (Томилина, Комов, 1996).

В качестве тест-объекта использовали цериодафнию *Ceriodaphnia affinis* – представителя планктонных организмов. Выбор объектов объяснялся простотой культивирования и неприхотливостью их содержания в лабораторных условиях.

Процедуру тестирования на цериодафниях проводили в соответствии с требованиями «Методического руководства по биотестированию. РД-118-02-90» (1991).

Использованные в работе тест – организмы взяты из постоянной культуры лаборатории физиологии и токсикологии водных животных и лаборатории ихтиологии ИБВВ РАН.

Методика определения токсичности ВВДО основана на установлении различий между выживаемостью рачка *Ceriodaphnia affinis* в водной вытяжке загрязненного и незагрязненного (контрольного) грунта. Критерий токсичности – гибель более 20% особей за 7 дней и достоверное снижение репродуктивных показателей за тот же период (Mount, Norberg, 1984).

Данные представляли в виде средних значений и границ доверительных интервалов (ЎА). Результаты обрабатывали статистически, используя метод дисперсионного анализа (ANOVA) и процедуру LSD – теста при уровне значимости $p = 0,05$ (Sokal, Rohlf, 1995).

Для получения сопоставимых результатов биотестирования рассчитывали индексы токсичности для каждой станции по числу молоди на одну самку (ИТ₁) и по количеству пометов на одну самку (ИТ₂) по формуле:

$$ИТ = ТФ_о / ТФ_к,$$

где ТФ_о – значение тест – функции в опыте, ТФ_к – значение тест – функции в контроле.

Для оценки генотоксичности использовали три теста: метод учета видимых мутаций (ВМ) у водоросли *Chlorella vulgaris* (тип регистрируемых нарушений – генные мутации); метод учета доминантных летальных мутаций (ДЛМ) у *Drosophila melanogaster* (тип регистрируемых нарушений – генные и хромосомные мутации в соматических и генеративных клетках); ана-телофазный метод учета хромосомных aberrаций (ХА) в меристеме *Allium cepa* (тип регистрируемых нарушений – хромосомные aberrации в соматических клетках) (Генетическая токсикология, 2005). Такой комплекс методов позволяет регистрировать достаточно широкий круг генетических нарушений и снизить вероятность ложноотрицательного результата.

Выбор тест-объектов обусловлен следующими соображениями:

Водоросль *Chlorella vulgaris* является первичным продуцентом, может включать генетически активные поллютанты, которые, мигрируя, аккумулируются в трофических цепях.

Тест с использованием *Drosophila melanogaster* позволяет регистрировать как прямые мутагены, так и промутагены, которые проявляют активность в животном организме (Прохорова и др., 2004).

Тест с использованием *Allium cepa* позволяет регистрировать как прямые мутагены, так и промутагены, приобретающие мутагенную активность в процессе метаболизма в растительном организме.

Мутагенный потенциал грунтов оценивался по показателю – суммарная мутагенная активность (СМА) (Журков, Соколовский, 1985).

В зависимости от соотношения показателей использовали следующую систему оценки уровня СМА в различных тестах:

1. **Частота видимых мутаций (ВМ)** у водоросли *Chlorella vulgaris*: показатель – превышение частоты видимых мутаций (ВМ) над контролем (кратность). Уровни мутагенной активности:

«-» – отсутствие различий; «++» – средняя (5-10 раз);

«+» – слабая (в 2-5 раз); «+++» – сильная (более чем в 10 раз).

2. Частота доминантных летальных мутаций (ДЛМ) у *Drosophila melanogaster*: показатель – превышение частоты доминантных летальных мутаций (ДЛМ) у *Drosophila melanogaster* над контролем (кратность). Уровни мутагенной активности:

«-» – отсутствие различий; «++» – средняя (5-10 раз);

«+» – слабая (в 2-5 раз); «+++» – сильная (более чем в 10 раз).

3. Частота хромосомных aberrаций (ХА) в меристеме *Allium cepa*: показатель – превышение частоты ХА над контролем (разность). Уровни мутагенной активности:

«-» – отсутствие различий;

«+» – слабая (достоверные различия менее чем на 10%);

«++» – средняя (достоверные различия на 10 – 25%);

«+++» – сильная (достоверные различия более чем на 25%).

Если мутагенность пробы отмечалась хотя бы в одном из трех тестов, проба считалась обладающей мутагенной активностью (Лукьяненко и др., 2002).

Для сравнения результатов ВМ у водоросли *Chlorella vulgaris* использовался показатель – «выраженность мутагенной активности» (определение как превышение контрольного уровня частоты мутаций), при этом каждый опыт сопровождался соответствующим контролем.

Для сравнения результатов, полученных на тест – объектах *Chlorella vulgaris* и *Drosophila melanogaster*, также использовался показатель – «выраженность мутагенной активности».

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что в августе – сентябре 2004 г. острой токсичностью не обладала ни одна из исследованных ВВДО.

Превышение 20%-го уровня (допустимого методикой) гибели *Ceriodaphnia affinis* на

7 сутки наблюдалось на одной из пяти станций в августе и на двух из пяти станций в сентябре 2004 г (табл. 1). Достоверно более низкое по сравнению с контролем число пометов и количество молодежи на одну самку *Ceriodaphnia affinis* отмечалось на 36% станций, находящихся под наблюдением.

При исследовании ДО реки Сакмара станции №1 (автодорожный мост) в августе (03.08.04 г.) и сентябре (02.09.04.г.) 2004 г. при семисуточном экспонировании в ВВДО гибель тест – животных составила 30% (табл. 1). В августе (03.08.04 г.) и сентябре (02.09.04.г.) 2004 г. размножение тест – объектов по сравнению с контролем было снижено в 1,9 раза и в 1,4 раза соответственно. ИТ₁ колебался в пределах от 0,529 до 1,029; а ИТ₂ – от 0,377 до 1,502 (табл. 2), что может свидетельствовать о нестабильности экологического состояния данного района при оценке токсических свойств ДО в указанные сроки.

При исследовании ДО реки Урал на станции №2 (очистные сооружения) в августе и сентябре 2004 г. уровень гибели цериодафний наблюдался в пределах 10 – 20% (табл. 1); однако в сентябре (23.09.04 г.) число пометов на 1 самку было 1,4 (контроль – 3,4), а плодовитость составила 4,4±3,4 (17,5±3,8 в контроле) различие с контролем достоверно при р<0,05 (табл. 1). ИТ₁ для данной станции был ниже 1 (табл. 2) во все сроки отбора проб, что свидетельствует о неблагоприятии экологического состояния района очистных сооружений на протяжении всего срока наблюдений и позволяет заключить, что применяемые технологии очистки сточных вод недостаточно эффективны в плане освобождения сточных вод от токсикантов.

Установлено, что на станции №3 (железнодорожный мост) р.Урал уровень гибели *Ceriodaphnia affinis* наблюдался в пределах 10 – 20%; среднее число пометов на 1 самку было в пределах от 2,9 до 3,5 в разные сроки (контроль – 3,4) (табл. 1); ИТ₁ колебался в пределах от 0,852 до 1,029; а ИТ₂ от 1,217 до 0,902 в разные сроки (табл. 2), что в целом свидетельствовало о благополучии этого района при оценке токсических свойств ДО.

На р.Урал станции №4 (водозабор) уровень гибели тест – объектов наблюдался в

пределах от 0 до 20%; число пометов тест – объектов в ВВДО фактически не отличалось от контроля и составило: 3,4 – 3,8 пометов на одну самку (контроль – 3,4); при этом плодовитость *Ceriodaphnia affinis* зарегистрирована в пределах 19,1±4,8 до 15,1±7,3 (контроль 17,5±3,8) (табл. 1).

При хроническом действии ВВДО гибель цериодафний выше допустимого методикой уровня зарегистрирована в районе р. Урал на станции №5 (карьер, старица р. Урал) в сентябре (02.09.04 г.) 2004 г. и составила 60% (табл. 1). Фактически размножение *Ceriodaphnia affinis* Lillieborg при действии ВВДО пробы от 02.09.04г. было снижено в 4 раза по сравнению с контролем, при этом ИТ₁ составил 0,264, а ИТ₂ был снижен до 0,182 (табл. 2), что может свидетельствовать о неблагоприятии данного района при оценке токсических свойств ДО в указанный срок.

Наблюдалось повышение генетических нарушений в меристеме лука при воздействии проб (от 03.08.04г. и 02.09.04г.) со станции №1 (автодорожный мост) на реке Сакмара при ана – телофазном анализе. Были выявлены: хромосомные аберрации, нарушения поведения хромосом на веретене деления. Отмечена

наибольшая частота ХА (от 03.08.04г.) (выраженность 6,9) среди всех исследованных проб ДО (табл. 3). Частота индуцированных доминантных летальных мутаций (ДЛМ) у *Drosophila melanogaster* возростала в начале августа и в начале сентября 2004г. Однако статистически достоверная частота видимых мутаций (ВМ) у водоросли *Chlorella vulgaris* при воздействии проб ДО во все сроки не отмечалась. При сравнении мутагенности отмечались значительные колебания СМА, что, видимо, объясняется неравномерным поступлением мутагенов в разные сроки.

При исследовании ДО реки Урал на станции №2 (очистные сооружения) в тесте ВМ у водоросли *Chlorella vulgaris*, в зависимости от срока отбора, генотоксичность была различной, однако превышение показателей было статистически незначимо. Во все изученные сроки грунты индуцировали хромосомные аберрации (ХА) в меристеме *Allium cepa*. Отмечались грубые хромосомные поломки типа делеций и транслокаций, так как были зарегистрированы фрагменты и мосты; также наблюдалось отставание хромосом, что связано с нарушением поведения последних на веретене деления. Превышение

Таблица 1. Токсичность водной вытяжки донных отложений р. Урал и р. Сакмара на территории Оренбурга (2004 г.)

№	Местоположение	Дата отбора проб	Гибель, %		Среднее число пометов на 1 самку	Среднее количество молоди на 1 самку
			48 час	7 сут		
1	р. Сакмара, автодорожный мост	03.08.2004	0	30	1,8	6,6±4,2*
1	р. Сакмара, автодорожный мост	02.09.2004	0	30	2,5	10,0±4,8*
1	р. Сакмара, автодорожный мост	23.09.2004	0	0	3,5	26,3±7,2*
2	р. Урал, очистные сооружения	03.08.2004	0	10	3,0	26,3±13,7
2	р. Урал, очистные сооружения	02.09.2004	0	10	3,3	19,4±5,8
2	р. Урал, очистные сооружения	23.09.2004	0	20	1,4	4,4±3,4*
3	р. Урал, железнодорожный мост	03.08.2004	0	10	3,2	21,3±5,4
3	р. Урал, железнодорожный мост	02.09.2004	0	20	2,9	15,8±10,4
3	р. Урал, железнодорожный мост	23.09.2004	0	10	3,5	16,8±2,8
4	р. Урал, водозабор	03.08.2004	0	0	3,8	19,1±4,8
4	р. Урал, водозабор	02.09.2004	0	20	3,4	15,1±7,3
4	р. Урал, водозабор	23.09.2004	0	0	3,8	16,8±6,1
5	Карьер, старица р. Урал	02.09.2004	0	60	0,9	3,2±8,4*
5	Карьер, старица р. Урал	23.09.2004	0	10	3,5	18,2±2,7
	контроль		0	0	3,4	17,5±3,8

* различие с контролем достоверно при $p < 0.05$

частоты ХА над контрольным уровнем в разные сроки колебалось от 6 до 8 раз и составило 3,83±0,74%– 4,91±1,31% (при 0,86±0,52% в контроле), что статистически достоверно (табл. 3). Отмечалось повышение частоты генетических нарушений при воздействии ДО во все изученные сроки в тесте доминантных летальных мутаций (ДЛМ) у *Drosophila melanogaster*. При этом колебания показателя – превышения частоты ДЛМ в разные сроки составили: от 15,46±2,12% до 8,37±4,28% (контроль 3,63±0,79%). Отмечена наибольшая частота ДЛМ (от 02.09.04г.) (выраженность 4,3) среди всех проб ДО (табл. 3). Этот тест свидетельствует о средней мутагенной активности ДО, кроме того, необходимо отметить максимальную СМА грунтов среди проб всех станций. Возможно, ДО содержат промутагены, которые приобретают генетическую активность в многоклеточном растительном и животном организмах в процессе метаболизма, что подтверждается повышением частоты генетических нарушений у *Allium cepa* и *Drosophila melanogaster*. СМА грунтов, зарегистрированная в районе станции №2 (очистные сооружения) Оренбурга, показала наличие различного уровня и спектра мутагенов.

Установлено, что на станции №3 (железнодорожный мост) р. Урал в тесте ВМ у *Chlorella vulgaris* мутагенный эффект отмечен

03.08.04г. с выраженностью 2,06; в остальные сроки ДО не превышают статистически достоверную частоту ВМ у хлореллы (табл. 3). Генетическую активность в меристеме *Allium cepa* проявляли пробы ДО от 23.09.04г., в остальные сроки ДО не превышают статистически достоверную частоту мутаций. В тесте с использованием *Drosophila melanogaster* частота индуцированных доминантных летальных мутаций (ДЛМ) при воздействии ДО в пробах от 03.08.04г. и 23.09.04г. превышала контрольный уровень, при выраженности мутагенного эффекта 2,4 и 3,0 соответственно (табл. 3), с оценкой мутагенной активности «слабая». Изменение уровня СМА ДО в зависимости от сроков отбора проб: 1) максимальный уровень генетических нарушений был в конце сентября (23.09.04г.) в тестах с использованием *Allium cepa* (частота хромосомных aberrаций (ХА) 3,70±0,68%, контроль 0,86±0,52) и *Drosophila melanogaster* (частота (ДЛМ) 10,88±3,65%, контроль 3,63±0,79%) (табл. 3); 2) мутагенная активность отсутствовала в трех тестах в начале сентября (02.09.04г.).

В тесте видимых мутаций у *Chlorella vulgaris* ДО р. Урал станции №4 (водозабор) отмечено повышение частоты генетических нарушений в пробах от 03.08.04г. (выраженность 2,28) и от 23.09.04г., но это изменение статистически незначимо (табл. 3). В мерис-

Таблица 2. Токсикологические характеристики донных отложений р. Урал и р. Сакмара на территории Оренбурга

№	Местоположение	Дата отбора проб	ИТ ₁	ИТ ₂
1	р. Сакмара, автодорожный мост	03.08.2004	0,529	0,377
1	р. Сакмара, автодорожный мост	02.09.2004	0,735	0,571
1	р. Сакмара, автодорожный мост	23.09.2004	1,029	1,502
2	р. Урал, очистные сооружения	03.08.2004	0,882	1,502
2	р. Урал, очистные сооружения	02.09.2004	0,970	1,108
2	р. Урал, очистные сооружения	23.09.2004	0,411	0,251
3	р. Урал, железнодорожный мост	03.08.2004	0,941	1,217
3	р. Урал, железнодорожный мост	02.09.2004	0,852	0,902
3	р. Урал, железнодорожный мост	23.09.2004	1,029	0,96
4	р. Урал, водозабор	03.08.2004	1,117	1,091
4	р. Урал, водозабор	02.09.2004	1	0,862
4	р. Урал, водозабор	23.09.2004	1,117	0,96
5	Карьер, старица р. Урал	02.09.2004	0,264	0,182
5	Карьер, старица р. Урал	23.09.2004	1,029	1,04

Таблица 3. СМА донных отложений р. Урал и р. Сакмара на территории Оренбурга (2004г.)

№	Местоположение	Дата отбора проб	Частота ДЛМ у <i>Dr.melanogaster</i>		Частота ВМ у <i>Ch.vulgaris</i>		Частота хромосомных нарушений у <i>A.сера</i> %
			%	Выраженность	%	Выраженность	
	контроль		3,63±0,79	1			0,86±0,52
1	р. Сакмара, автодорожный мост	03.08.04	6,31±4,25	1,7	0,95±0,23	0,65	5,93±1,54*
1	р. Сакмара, автодорожный мост	02.09.04	6,41±0,97*	1,8	1,47±0,51	1,42	2,47±0,34*
1	р. Сакмара, автодорожный мост	23.09.04	3,77±1,65	1	0,45±0,22	0,43	2,00±0,29
2	р. Урал, очистные сооружения	03.08.04	15,46±2,12*	4,3	-	-	3,83±0,74*
2	р. Урал, очистные сооружения	02.09.04	11,75±6,77	3,2	3,24±1,52	1,64	4,71±0,62*
2	р. Урал, очистные сооружения	23.09.04	8,37±4,28	2,3	1,28±0,89	0,56	4,91±1,31
3	р. Урал, железнодорожный мост	03.08.04	8,82±2,65*	2,4	2,99±0,17*	2,06	1,65±0,58
3	р. Урал, железнодорожный мост	02.09.04	4,03±1,15	1,1	0,94±0,15	0,91	2,50±0,92
3	р. Урал, железнодорожный мост	23.09.04	10,88±3,65*	3,0	1,14±0,35	1,10	3,70±0,68
4	р. Урал, водозабор	03.08.04	6,9±1,26*	1,9	2,36±0,06	2,28	2,47±0,77
4	р. Урал, водозабор	02.09.04	4,07±0,74	1,1	1,20±0,70	0,82	3,92±1,36
4	р. Урал, водозабор	23.09.04	12,9±6,22*	3,6	1,83±0,23	1,76	5,46±0,93*
5	Карьер, старица р. Урал	02.09.04	8,55±2,57	2,4	1,86±0,18	1,79	3,83±1,03
5	Карьер, старица р. Урал	23.09.04	12,17±1,73	3,4	2,36±0,50	2,28	4,49±1,01

*- различие с контролем статистически достоверно при $p < 0,05$.

тематической ткани *Allium cepa* при воздействии ДО отмечен генотоксический эффект во все изученные сроки, частота ХА составила от 2,47±0,77% до 5,46±0,93% (контроль 0,86±0,52) (табл. 3). Зарегистрированы нарушения структуры хромосом и изменения поведения хромосом на веретене деления. Частота ДЛМ у *Drosophila melanogaster* менялась от 4,07±0,74% до 12,9±6,22%, выраженность слабого мутагенного эффекта составила от 1,1 до 3,6 с повышением к концу сентября 2004г (табл. 3). Уровень СМА грунтов и спектр мутагенов на данной станции подвержен изменениям в зависимости от даты отбора проб. ВМ у *Chlorella vulgaris* индуцированы генотоксикантами максимально в начале августа, а максимальные генетические изменения в тестах с использованием *Drosophila melanogaster* и *Allium cepa* зарегистрированы в конце сентября 2004г.

Загрязнения ДО было повышено за счет промутагенов, приобретающих активность в процессе метаболизма как в растительном, так и в животном организмах.

ДО на станции №5 (карьер, старица р. Урал) в пробах от 02.09.04г. и 23.09.04г. в тесте у *Chlorella vulgaris* повышали частоту ВМ, генотоксичность грунтов различна, частота нарушений возросла до 2,36±0,50 (выраженность 2,28) в конце сентября (23.09.04г.) (табл. 3). Ана – телофазный анализ позволил выявить повышение генетических нарушений в меристеме лука при воздействии проб ДО. Частота индуцированных нарушений статистически достоверно превышала контрольный уровень и составила от 3,83±1,03% до 4,49±1,01% (при 0,86±0,52% в контрольном варианте) (табл. 3). В тесте ДЛМ у *Drosophila melanogaster* отмечалось повышение частоты

Таблица 4. Сравнение токсических и генотоксических свойств донных отложений р. Урал и р. Сакмара на территории Оренбурга (2004г.).

Индикаторный организм	Номер станции					
	1	2	3	4	5	
03.08.2004						
<i>Ceriodaphnia affinis</i>	+*	+	+	+		
<i>Chlorella vulgaris</i>			+	+		
<i>Drozophila melanogaster</i>	-	+	+	-		
02.09.2004						
<i>Ceriodaphnia affinis</i>	+*	+	+	+	+*	
<i>Chlorella vulgaris</i>						
<i>Drozophila melanogaster</i>	-	+	-	-	+	
23.09.2004						
<i>Ceriodaphnia affinis</i>	+*	+*	+	+	+	
<i>Chlorella vulgaris</i>					+	
<i>Drozophila melanogaster</i>	-	+	+	+	+	

ты генетических нарушений при воздействии ДО. Частота ДЛМ колебалась от 8,55% до 12,17% (при 3,63% в контроле) (табл. 3), согласно этому тесту ДО обладали слабой мутагенной активностью. Наличие генотоксического эффекта во всех трех тестах позволило предположить, что ДО содержат как мутагены, так и промутагены, приобретающие мутагенную активность в процессе метаболизма в растительных и животных организмах, т.е. спектр генотоксикантов различный.

Сравнение токсической и генотоксической активности ДО рек Урала и Сакмары на территории Оренбурга в 2004 г. представлено в табл. 4. В августе 2004г. на станции №3 (железнодорожный мост) р. Урал зарегистрирована токсичность и генотоксичность ДО; в конце сентября 2004г. на станции №5 (карьер, старица р. Урал) в пробах ДО также отмечалась токсическая и генотоксическая активность, что может свидетельствовать о наличии в грунтах загрязняющих веществ, способных оказывать как токсическое, так мутагенное воздействие на тест-объекты. Станции №3 и №5 на р. Урал на территории Оренбурга в указанные периоды времени (при комплексной оценке токсикологических и генотоксических параметров ДО) были наиболее неблагоприятными.

Выводы:

Установлено присутствие веществ в ДО рек Урала и Сакмары в районе крупного промышленного центра – Оренбурга, способных оказывать токсическое и мутагенное воздействие на тест – объекты, что свидетельствует об источнике хронического загрязнения рек в исследуемом районе.

Сравнение данных, полученных в токсикогенетических тестах с использованием *Chlorella vulgaris*, *Allium cepa*, *Drozophila melanogaster*, показало, что уровень и спектр мутагенного загрязнения ДО меняются в зависимости от срока и точки отбора проб. Наиболее неблагоприятными по оценке токсических свойств ДО были станции на р. Урал («очистные сооружения», «карьер») и на р. Сакмара («автодорожный мост»).

На станции («очистные сооружения») р. Урал мутагенный эффект зарегистрирован в три срока, а на станции («карьер») р. Урал наличие генотоксического эффекта отмечено во всех трех тестах грунтов, таким образом, донные отложения указанных станций содержали вещества, оказывавшие как токсическое, так и генотоксическое воздействие на тест-объекты, что свидетельствует об их явном неблагоприятии. Токсикологические исследования грунтов на станции №4 (водозабор) на р. Урал не выявили отклонений от контрольных данных, однако присутствие

генотоксикантов в ДО этой станции может представлять опасность для здоровья населения Оренбурга.

1. Токсичность водной вытяжки донных отложений методом биотестирования с использованием культуры ветвистоусых рачков *Ceriodaphnia affinis*:

«+» – наличие отклонений токсикологических параметров; «+ * « – различие с контролем достоверно при $p < 0.05$.

2. Частота видимых мутаций (ВМ) у водоросли *Chlorella vulgaris*: показатель – превышение частоты видимых мутаций (ВМ) над контролем (кратность). Уровни мутагенной активности:

«-» – отсутствие различий; «++» – средняя (5-10 раз);

«+» – слабая (в 2-5 раз); «+++» – сильная (более чем в 10 раз).

3. Частота доминантных летальных мутаций (ДЛМ) у *Drosophila melanogaster*:

показатель – превышение частоты доминантных летальных мутаций (ДЛМ) у *Drosophila melanogaster* над контролем (кратность).

4. Уровни мутагенной активности:

«-» – отсутствие различий; «++» – средняя (5-10 раз);

«+» – слабая (в 2-5 раз); «+++» – сильная (более чем в 10 раз).

Список использованной литературы:

1. Данилов-Данилян В.И., Линд А. К читателям // Экос. 1997. №1-2, С.5.
2. Дубинина Л.Г. Мутагенная активность природных отложений и искусственных водоемов Астраханской области // Генетика. 1996. Том 32. №4. С.584-589.
3. Лукьяненко В.И., Прохорова И.М., Ковалева М.И. Генотоксический мониторинг экологического состояния Верхней Волги // Научные аспекты экологических проблем России. Труды Всероссийской конференции. Москва: Наука, 2002. С. 355-362.
4. Методическое руководство по биотестированию. РД-118-02-90. М., 1991. 46 с.
5. Прохорова И.М., Ковалева М.И., Фомичева А.Н. Методологические проблемы экотоксикогенетики // Генетика в XXI веке: современное состояние и перспективы развития. Материалы III съезда ВОГиС. Москва, 2004. С. 467.
6. Прохорова И.М., Ковалева М.И., Фомичева А.Н. Генетическая токсикология. Уч. пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2005. 96 с.
7. Соколовский В.В. Журков В.С. Оценка суммарной мутагенной активности в гигиене окружающей среды // Оценка суммарной генетической активности природных и сточных вод: материалы научной конференции. Ярославль, 1985. Деп в ВИНТИ №3297-866 С. 160-190.
8. Томилина И.И., Комов В.Т. Оценка токсичности грунтов озер Дарвинского заповедника // Информ.бюлл. Биология внутренних вод. 1996, №100, с. 62-65.
9. Фомичева А.Н., Прохорова И.М., Мониторинг мутагенного загрязнения малых рек // Водные ресурсы. 2005. Том 32..№3. 347-351.
10. Mount D.I., Norberg T.J. A seven-day life-cycle cladoceran toxicity test // Environ. Toxicol. Chem. 1984. V. 3, pp. 425-434.
11. Sokal R.R., Ronlf F.J. Biometry. 1995. N.Y.