

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

Федеральный научно-образовательный консорциум  
«Передовые ЭкоТехнологии»

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Федеральный экологический оператор»

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ:  
СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ**

Сборник научных трудов

IV Всероссийской научно-практической конференции  
в рамках IV Всероссийского научно-общественного форума  
«Экологический форсайт»

Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Тихомировой Е.И.

Саратов, 2022

УДК 504.05:504.06

Э40

Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: сборник научных трудов по материалам 2-й Всероссийской научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит», 2022. 293 с. ISBN 978-5-00207-087-9

Сборник научных статей составлен на основе материалов 4-й Всероссийской научно-практической конференции «Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения». Конференция проводилась в рамках IV Всероссийского научно-общественного форума «Экологический форсайт» 26-28 октября 2022 г. в СГТУ имени Гагарина Ю.А. при поддержке Федерального научно-образовательного консорциума «Передовые ЭкоТехнологии» и Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный экологический оператор»

В сборнике представлены научные статьи, в которых рассматриваются методологические аспекты экологического мониторинга опасных промышленных объектов и прогнозирование состояния антропогенно нарушенных территорий; экологические, экономические и социальные проблемы загрязнения территорий опасными отходами; правовые и экономические аспекты экологической политики в сфере утилизации отходов и обеспечения экологической безопасности; современные информационные технологии в экологическом мониторинге опасных промышленных объектов. А также статьи, посвященные современным методам выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды и оценке их воздействия на экосистемы и здоровье человека; обоснованию рациональной системы мониторинговых наблюдений за состоянием окружающей среды производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов; разработке инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий и математическому моделированию оценки токсичности ксенобиотиков, рисков здоровью населения и эффективности технологических систем на производственно-технических комплексах по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности.

Предназначается для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области прикладной и промышленной экологии.

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук, профессор Е.И. Тихомирова (отв. редактор);  
кандидат биологических наук, доцент О.В. Абросимова  
(зам. отв. редактора)

ISBN 978-5-00207-087-9

© СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2022

**А.Р. Никулина, М.Г. Опекунова, С. А. Лисенков**

Санкт-Петербургский государственный университет

## **К ВОПРОСУ О СОПОСТАВЛЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПОЧВ В ВОЗДУШНО-СУХОМ И СЫРОМ СОСТОЯНИИ НА ПРИМЕРЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

В статье представлены результаты биотестирования почв контрольных и фоновых станций геоэкологического мониторинга, расположенных на территории газоконденсатного месторождения (ЯНАО), с использованием тест-объектов *Daphnia magna* Straus. и *Chlorella vulgaris* L. Проведён сравнительный анализ использования для тестирования проб почвы в воздушно-сухом и сыром состоянии. Установлена высокая сопоставимость полученных результатов. Показана необходимость применения единых подходов в области подготовки проб почвы и проведении биотестирования для однозначной трактовки полученных результатов и объективной оценки экологического состояния территорий.

Ключевые слова: биотестирование почв, геоэкологический мониторинг, токсичность почв, загрязнение, газоконденсатное месторождение, север Западной Сибири.

Активная добыча углеводородного сырья на территории Ямало-Ненецкого автономного округа в сочетании с высокой уязвимостью западносибирской тундры, определяемой эдафо-климатическими условиями, ведёт к деградации местных экосистем. Поэтому своевременное обнаружение антропогенного воздействия на живые объекты в пределах нефтегазоносных месторождений является важной практической задачей.

Эффективным методом оценки экологической токсичности почвы является биотестирование, которое позволяет оценить потенциальную опасность антропогенного воздействия на почву за счет интегрального влияния различных факторов на живые организмы [1, 2].

При проведении биотестирования важно максимально унифицировать подготовку проб и процедуру определения токсичности анализируемого материала для репрезентативности полученных результатов и возможности их сравнения.

Известно, что токсичность почв, определяемая методом проращивания семян высших растений непосредственно в почве, выше, чем токсичность водных вытяжек из этих почв. Одновременно с этим токсичность водных вытяжек из почв в сыром состоянии выше по сравнению с вытяжками, приготовленными из почвенных образцов в воздушно-сухом состоянии [3].

Результаты разнятся особенно сильно при биотестировании почв, загрязнённых поллютантами, малорастворимыми в воде, например, нефтью и нефтепродуктами, которые являются одними из основных загрязняющих веществ в районах нефтегазодобычи.

В ходе исследований методами биотестирования определена токсичность почв, отобранных в пределах станций мониторинга (СМ) на газоконденсатном месторождении (ЯНО) членами научно-исследовательской группы ИНЗ СПбГУ летом 2020 г. Оценена токсичность образцов почв из почвенных разрезов фоновых станций, ориентированных на экологический мониторинг состояния наземных ПТК (СМ 203, 203-2, 204), а также из почвенных разрезов контрольных станций: СМ 208, 208-1 – разлив отработанного бурового раствора (на СМ 208 отмечено повышенное содержание Na, Sr, V, Ba в аккумулятивном горизонте); СМ 221 – сброс пластовых вод. Биотестирование проводили в учебной лаборатории физико-химического анализа СПбГУ согласно методическим указаниям с использованием тест-объектов *Chlorella vulgaris* L. и *Daphnia magna* Straus. [4, 5].

По результатам биотестирования почв в воздушно-сухом состоянии установлено, что смертность дафний через 24 часа не превышала 40%. Наиболее токсичны образцы, отобранные с СМ 208 (208А – 40%) и 208-1 (от 20 до 35%). Через 48 часов (рис. 1) процент гибели *Daphnia magna* увеличился во всех пробах. Высокая токсичность зафиксирована у образцов 208 А (90%), 221 А (50%) и 208-1, отобранных в районе разлива отработанного бурового раствора. На СМ 208-1 наибольшая смертность дафний характерна для поверхностного горизонта (208-1Т – 80%) и горизонта ВС (50%). Пробы, отобранные со станций контрольного мониторинга нетоксичны.

При биотестировании почв в сыром состоянии в целом сохранялись тенденции, описанные выше. Наиболее токсичным действием обладали пробы почв, собранные с контрольных СМ. Смертность дафний через 24 часа наблюдений не превышала 40%, через 48 часов были выявлены образцы с острой токсичностью (смертность *D. magna* более 50%). Это образцы с контрольных СМ, расположенных на техногенно загрязненных участках.



Рис. 1. Сравнение смертности *Daphnia magna* Straus. в образцах почвы в воздушно-сухом (ВП) и сыром (СП) состоянии через 24 и 48 часов экспозиции

Особо токсичными оказались пробы, отобранные из верхних горизонтов почвы: 208А (смертность дафний через 48 часов составила 85%), 208-1Т (75%), 221А (60%).

Образцы с условно-фоновых СМ (СМ 203, 203-2Т, 204Т) нетоксичны. Однако следует отметить, что на СМ 203 с продвижением вглубь по почвенному профилю происходило небольшое (с 35% до 45%) увеличение смертности *Daphnia magna*.

При анализе отклонения оптической плотности (ОП) *Chlorella vulgaris* пробы почвы 203-2Т, 204 Т, 208-1Т, 208-1ВН, 208-1ВС, 208-1С, 221А и в воздушно-сухом, и в сыром состоянии показали острую токсичность (рис. 2).



Рис. 2. Сравнение отклонений оптической плотности (ОП) почвенных вытяжек с *Chlorella vulgaris* L. относительно контроля

Проба с СМ 208 в воздушно-сухом состоянии также токсична (отклонение ОП составило -75%). Низкая токсичность образца 208А в сыром состоянии (отклонение ОП составило 23%) может быть объяснена особенностями перехода поллютантов в водный раствор при приготовлении вытяжки из почвы.

В большинстве токсичных проб (кроме 221 А) отклонения ОП для одной СМ направлены в разные стороны (положительную и отрицательную от нуля): например, в пробе 208-1С отклонение для воздушно-сухой почвы составило 38%, а для почвы в сыром состоянии -53%. Подобные отличия могут быть связаны с агрегатным состоянием исходных проб для приготовления почвенной вытяжки. Поэтому для сравнения результатов важно использовать максимально унифицированные подходы, в том числе в области пробоподготовки.

По результатам биотестирования с использованием *Daphnia magna* и *Chlorella vulgaris* установлено, что наиболее токсичны пробы со станций контрольного мониторинга – 208, 208-1, 221. В пределах станций отмечено поступление загрязняющих веществ, а именно повышенное содержание Na и

тяжёлых металлов в нижележащих горизонтах почв. Токсичность образцов 203-2Т и 204-Т, установленная при тестировании с хлореллой, не была подтверждена в ходе экспериментов с дафниями, вероятно, высокая кислотность почвы (рН = 4,47 и 5,07 соответственно) в сочетании со способностью торфяного горизонта аккумулировать различные поллютанты повлияли на угнетение *C. vulgaris* и конечный результат, интерпретируемый как «острая токсичность».

Результаты биотестирования почв в воздушно-сухом и сыром состояниях сопоставимы между собой: коэффициент корреляции между полученными результатами смертности дафний через 24 часа равен 0,33, а для 48-часовой экспозиции 0,96. Коэффициент корреляции между результатами тестирования с *Chlorella vulgaris* (без учета СМ 203-2Т, 204Т и 208 А, результаты по которым выбиваются из общего ряда, о чем было сказано выше) составил 0,78;  $r = 0,57$  был получен для СМ 203-2Т, 204Т и 208А.

Полученные данные свидетельствует о сопоставимости результатов проведенных экспериментов. При этом сложно отдать предпочтение использованию для биотестирования почв в воздушно-сухом либо сыром состоянии, поскольку оба пути позволяют оценить токсичность исследуемых почв. Однако при приготовлении водной вытяжки из сырой почвы возникают сложности с более низким рН исследуемого образца и особенностями перехода поллютантов в водный раствор, что приводит к различной реакции живых организмов при анализе одного образца почвы.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05081.*

#### Литература

1. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы / В.А. Терехова // Почвоведение. 2011. №2. С. 190-198.
2. Использование методов биоиндикации и биотестирования в оценке экологического состояния территории газоконденсатных месторождений севера Западной Сибири / М. Г. Опекунова, А. Ю. Опекунов, И. Ю. Арестова [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. № 3. С. 326-344.
3. Маячкина Н.В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н.В. Маячкина, М.В. Чугунова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2009. №1. С. 84-93.
4. Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. – Москва, 2014. 38 с.
5. Токсикологические методы контроля. Методика измерений количества *Daphnia magna Straus* для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета. – Москва, 2014. 39 с.

Научное издание

Экологический мониторинг опасных промышленных объектов:  
современные достижения, перспективы и обеспечение  
экологической безопасности населения

Сборник научных трудов

Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Е.И. Тихомировой

Ответственный за выпуск канд. биол. наук, доцент О.В. Абросимова

*За достоверность представленных в сборнике сведений и изложенной  
научной терминологии несут ответственность авторы статей*

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16

Бум. офсет.

Усл.-печ. л.

Уч. изд. л.

Тираж экз.

Заказ

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Отпечатано в ООО «Амирит» 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

Тел. 8-800-700-86-33 | (8452)24-86-33,

e-mail: [zakaz@amirit.ru](mailto:zakaz@amirit.ru)

Сайт: [amirit.ru](http://amirit.ru)