*УДК 579.26:504*

# ОЦЕНКА ГЕНОТОКСИЧНОСТИ И ПРОТЕОТОКСИЧНОСТИ УРБАНОЗЁМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНЫХ LUX-БИОСЕНСОРОВ

**Полиниченко А.Е., магистр 2 курса Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского**
**Научный руководитель – Сазыкина М.А., доктор биологических наук, доцент, профессор**
**ФГАОУ ВО «Южный Федеральный Университет»**

***Ключевые слова:*** *Lux-биосенсоры, городские почвы, урбостратоземы, генотоксичность, цитотоксичность.*

*Работа посвящена оценке генотоксичности и протеотоксичности урбанозёмов г. Ростова-на-Дону. Установлено, что для них характерны средний и высокий уровни интегральной токсичности, протеотоксический стресс является преобладающим паттерном токсичности, а генотоксические эффекты связаны с алкилирующими повреждениями ДНК.*

**Введение.** Активная урбанизация сопровождается накоплением в городских почвах поллютантов различной природы, включая остатки пестицидов, тяжелые металлы и ПАУ [1]. Присутствие этих загрязнителей изменяет физико-химические свойства почв, нарушает функционирование почвенной биоты и способствует включению токсикантов в трофические цепи [2]. В этой связи актуальной задачей является не просто определение валового содержания загрязнителей, но и оценка их реального токсического действия на живые организмы. Цельноклеточные бактериальные lux-биосенсоры представляют собой высокочувствительные инструменты биотестирования, позволяющие регистрировать присутствие токсикантов по изменению интенсивности биолюминесценции [3].

**Цель работы** заключалась в оценке генотоксического и протеотоксического действия урбанозёмов г.Ростова-на-Дону.

**Результаты исследований.** Отбор проб почвы проводили в декабре 2024 г. в 10 точках на территории г. Ростова-на-Дону.

Городские образцы дифференцировали по функциональному признаку: селитебный кластер (пробы R1-R6) и транспортный кластер (T1-T4). В качестве контрольного образца (С) использовали почву, отобранную в с. Васильево-Петровское Ростовской области. Тестирование проводили для серийных разведений экстрактов почвы в соотношениях 1:10, 1:100 и 1:1000 по методике, описанной ранее [4]. Оценку токсичности выполняли с использованием батареи люминесцентных биосенсоров на основе *E.coli MG1655*. Генотоксичность оценивали по индукции SOS-системы (*E. coli MG1655* (pRecA-lux)) и по наличию алкилирующих агентов (*E. coli MG1655* (pAlkA-lux)). Протеотоксический стресс детектировали с помощью штаммов, чувствительных к повреждению белков: *E. coli MG1655* (pIbpA-lux) и *E. coli MG1655* (pGrpE-lux). Для коррекции неспецифических эффектов применяли штамм с конститутивным промотором *E. coli MG1655* (pXen7). Уровень токсичности оценивали по фактору индукции (I): слабый эффект при $2 < I < 10$, средний при $10 < I < 50$, сильный при $I > 50$. Интегральную токсичность оценивали с использованием природного штамма *Vibrio aquamarinus* ВКПМ В-11245, рассчитывая индекс токсичности (Т): допустимый уровень ($T < 20$), токсичный ($20 \leq T < 50$), высокотоксичный ($T \geq 50$).

Установлено, что интегральная токсичность (Т) в отобранных образцах варьировала от допустимой до высокотоксичной. Контрольный образец характеризовался допустимым уровнем токсичности (Т <20), тогда как для городских почв зафиксирован средний и высокий уровень токсичности. Максимальные значения интегральной токсичности составили от 52,2 до 67,4. Индукция SOS-репортера *E. coli MG1655* (pRecA-lux), запускаемого при повреждении ДНК, преимущественно не превышала порогового уровня ($I < 2$). Средний уровень токсичности зарегистрирован лишь в единичных случаях: в пробах R5 ($I = 2,04$) и T1 ($I = 3,30$). Более выраженный ответ получен для *E. coli* MG1655 (pAlkA-lux). Средний уровень индукции выявлен в пробах R3 и T3 ($I = 4,88$ и $5,72$ соответственно). Индукция *E. coli MG1655* (pIbpA-lux), отражающего повреждение клеточных белков, зарегистрирована в единичных образцах: в селитебной зоне (R2, $I = 2,10$; R3, $I = 2,04$) и на транспортной магистрали (T1, $I = 3,30$). При этом *E. coli MG1655* (pGrpE-lux), являющийся индикатором общего

протеотоксического стресса, продемонстрировал более широкое распространение эффекта. Средний уровень индукции (2,1–4,4) зафиксирован в пробах из селитебной зоны (R2, R3, R5, R6) и во всех образцах транспортной зоны (T1–T4).

**Выводы.** Полученные данные указывают на то, что присутствующие в урбанозёмах г. Ростова-на-Дону загрязняющие вещества вызывают генотоксические и протеотоксические эффекты. Наиболее чувствительным маркером генотоксичности выступила детекция алкилирующих повреждений ДНК *E. coli MG1655* (pAlkA-lux), тогда как протеотоксический стресс *E. coli MG1655* (pGrpE-lux) носил более распространённый характер, но был зарегистрирован преимущественно слабый уровень токсичности. Отсутствие выраженного SOS-ответа при наличии алкилирующих повреждений может указывать на специфичность загрязнителей либо на их недостаточную концентрацию для активации RecA-зависимой репарации. Полученные данные подтверждают необходимость комплексной оценки экологического состояния городских почв с детекцией специфических механизмов токсического действия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № FENW-2026-0025.

**Библиографический список:**

1. Çayır, G. Urban soil pollution in Türkiye: a review of potentially toxic elements, polycyclic aromatic hydrocarbons, and microplastics in major cities / G. Çayır, A. Rouhani, Al Souki [et al.] // Environmental Monitoring and Assessment. – 2025. – Vol. 197. – Article 1366. – DOI 10.1007/s10661-025-14834-5.

2. Monaco, P. Impact of Plant-Microbe Interactions with a Focus on Poorly Investigated Urban Ecosystems — A Review / P. Monaco, A. Baldoni, G. Naclerio [et al.] // Microorganisms. – 2024. – Vol. 12. – Article 1276. – DOI 10.3390/microorganisms12071276.

3. Bazhenov, S. V. Bacterial lux-biosensors: Construction and application in ecotoxicology / S. V. Bazhenov [et al.] // Biosensors. – 2023. – Vol. 13, № 2. – Article 211. – DOI 10.1016/j.biosx.2023.100323.

4. Azhogina, T. Bioaccessible PAH influence on distribution of antibiotic resistance genes and soil toxicity of different types of land use / T. Azhogina, M. Sazykina, E. Konstantinova [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2023. – Vol. 30. – P. 12695–12713. – DOI 10.1007/s11356-022-23028-2.

## ASSESSMENT OF GENOTOXICITY AND PROTEOTOXICITY OF URBAN SOILS USING BACTERIAL LUX-BIOSENSORS

**Polinichenko A.E.**
**Supervisor - Sazykina M.A.**
**Southern Federal University**

***Keywords:*** *Lux-biosensors, urban soils, urbostratozems, genotoxicity, cytotoxicity.*

*This study focuses on assessing the genotoxicity and proteotoxicity of urbanosols in the city of Rostov-on-Don. The findings indicate that these soils exhibit moderate to high levels of integral toxicity, with proteotoxic stress representing the predominant toxicity pattern, whereas genotoxic effects are associated with alkylating DNA damage.*