

ВИДОВОЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ ПОЧВ УРБОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ Г. БАЛАКОВО (САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Д.М. Голубев, А.А. Овечкина, В.Е. Брызгун, Е.В. Глинская
Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Российская Федерация,
dimagolubev2018@yandex.ru

Углеводороды играют значительную роль в мировой экономике и энергетике. Они являются основным источником энергии для многих стран мира, обеспечивая около 80% мирового потребления энергии. Углеводороды используются в производстве топлива, таких как бензин, дизельное топливо и мазут, которые применяются в автомобильной промышленности, авиации и судоходстве. Кроме того, они также используются в химической промышленности для производства пластмасс, синтетических волокон, резины и других продуктов. С каждым годом объем потребления углеводородов увеличивается, что ведет к росту выбросов вредных веществ в атмосферу, литосферу и гидросферу [1]. Загрязнение может привести к деструктивному влиянию на окружающую среду, деградации сельскохозяйственных земель и водных ресурсов. Одним из перспективных методов очистки экосистем является биоремедиация. Углеводородоокисляющие бактерии играют ключевую роль в разложении углеводородных загрязнений в окружающей среде. Эти микроорганизмы способны использовать данные органические соединения в качестве источника углерода и энергии, превращая их в безопасные соединения [2]. В связи с этим они имеют огромное значение для восстановления экосистем, загрязненных углеводородами.

Целью работы являлось определение видового состава и количественных показателей углеводородоокисляющих бактерий почв урбосистем на примере г. Балаково (Саратовская область)

Балаково – крупный промышленный центр Саратовской области, расположенный на левом берегу Саратовского и Волгоградского водохранилищ, с населением около 182 тысяч человек (2022 г.). В городе и его пригородах расположены крупные энергетические предприятия – Саратовская ГЭС, Балаковская АЭС, Балаковская ТЭЦ-4, предприятия машиностроительной отрасли – АО «Вагоностроительный завод», ЗАО «Завод электромонтажных конструкций «Гидроэлектромонтаж», АО «Волжский дизель имени Маминых», ООО «Фойт Гидро», ООО «Балаковский судоремонтный завод»; химической – АО «Балаковорезинотехника», ООО «Балаково Карбон Продакшн», завод «Аргон», Балаковский филиал АО «Апатит»; металлургической – металлургический завод «Балаково». Кроме того, функционирует ряд предприятий других профилей (транспортной, строительной, пищевой, легкой и пр.). Некоторые крупные предприятия перестали существовать (завод волоконных материалов, деревообрабатывающий завод, ЖБИ-3, кирпичный завод и др.), но при анализе состояния почв необходимо учитывать расположение их бывших промышленных площадок с целью интерпретации возможных «реликтовых» очагов загрязнения.

Объектом исследования были образцы почв, отобранные в черте г. Балаково в летний период 2023 г.

Территория г. Балаково характеризуется распространенным глинистым и тяжелосуглинистым механическим составом черноземов южных остаточно-луговых с участием в комплексе лугово-каштановых почв до 10–25%, а также наличием аллювиальных дерновых насыщенных, темно-каштановых почв и комплексом почв – черноземов с солонцами (> 50%), каштановых с солонцами (25–50%).

Основной путь поступления загрязняющих веществ в почвы – аэрогенный. По данным Саратовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в атмосферный воздух г. Балаково ежегодные выбросы пыли в течение 2018–2022 гг. составляли около 2,7 млн. тонн/год [3].

Всего исследовано 34 почвенных образца, отобранных по стандартной методике методом конверта из органогенного почвенного горизонта А на глубине 20 см, где сосредоточена основная масса загрязнителей. Площадками опробования были урбанозёмы, индустриозёмы, культурозёмы и природные почвы.

Для выделения углеводородокисляющих бактерий использовали метод последовательного разведения. Почвенную суспензию высевали из разведения 10^{-3} на агаризированную среду М9 с добавлением 1% вазелинового масла (в качестве единственного источника углерода) следующего состава: Na_2HPO_4 – 6 г, KH_2PO_4 – 3 г, NaCl – 0.5 г, NH_4Cl – 1 г, голодный агар – 20 г, вода дистиллированная – 1000 мл. Посевы инкубировали в термостате при температуре $+28^\circ\text{C}$ в течение 3–5 суток.

Идентификацию проводили по определителю бактерий «Bergey's manual of determinative bacteriology» (2006 г.) путем анализа фенотипических признаков. Также применяли метод MALDI-ToF масс-спектрометрии, который осуществляли на приборе MALDI масс-спектрометре серии microflex (Bruker Daltonics GmbH, Германия). В качестве матрицы использовали α -циано-4-гидроксикоричную кислоту (HCCA), (Bruker Daltonics GmbH, Германия). При идентификации применяли стандартную библиотеку спектров Biotyper компании Bruker Daltonics GmbH.

Анализ полученных данных показал, что в пробах почв территории г. Балаково, численность углеводородокисляющих бактерий варьировала от 5,0 до 10,1 lgKOE/г. Максимальные численные показатели углеводородокисляющих бактерий были зафиксированы в пробе 1. Данная проба была отобрана в 300 м от территории предприятия «Балаковский гидроэлектромонтаж». Проба почв 48 была взята на сельскохозяйственной территории и характеризовались самой низкой численностью углеводородокисляющих бактерий.

В урбанозёмах численность углеводородокисляющих бактерий была зафиксирована в диапазоне от 5,7 до 7,0 lgKOE/г. В пробах индустриозёмов численные показатели углеводородокисляющих бактерий варьировали от 5,3 до 7,0 lgKOE/г. В пробах культурозёмов количественные данные углеводородокисляющих бактерий находились в диапазоне от 5,6 до 7,0 lgKOE/г. Пробы природных почв характеризовались количественными данными углеводородокисляющих бактерий от 5,0 до 10,1 lgKOE/г.

В ходе работы по идентификации было определено 8 видов углеводородокисляющих бактерий, отнесенных к 3 филумам: Bacillota (*Bacillus circulans*, *B. horikoshii*, *B. lentimorbius*, *B. pumilus*, *Mammaliicoccus lentus*), Pseudomonadota (*Acinetobacter lwoffii*, *Ochrobactrum gallinifaecis*) и Actinomycetota (*Paeniglutamibacter psychrophenicus*),

Максимальными численными показателями среди изолятов обладал штамм *B. circulans* в пробе 1 (10,1 lgKOE/г), отнесенной к подгруппе природных почв. Наименьшими количественными показателями характеризовался штамм *B. horikoshii* в пробе 10 (4,0 lgKOE/г), отобранной на зеленом участке между автостоянкой и жилым комплексом. Проба 10 была отнесена к подгруппе урбанозёмов.

Наибольшим индексом встречаемости обладал штамм *A. lwoffii* (23,5%), который не был зафиксирован лишь в пробах природных почв. Наименьший индекс встречаемости был характерен для штаммов *B. horikoshii*, *B. pumilus*, *O. gallinifaecis*, *P. psychrophenicus* (2,9%). Штамм *B. horikoshii* был выделен из пробы урбанозёмов, *O. gallinifaecis* – из пробы природных почв, *B. pumilus* и *P. psychrophenicus* – из пробы индустриозёмов.

Результаты проведенного исследования показали, что в условиях техногенного загрязнения почв происходит увеличение количественных показателей углеводородокисляющих бактерий, которые играют важную роль в процессах очистки и восстановления

экосистем. Наиболее распространенным штаммом оказался *Acinetobacter lwoffii*, его численность в пробах достигала 7,0 lgКОЕ/г, что может свидетельствовать о его способности адаптироваться к условиям антропогенного воздействия и активно участвовать в процессах биоремедиации.

Литература

1. Assessment of the level of soil contamination with petroleum hydrocarbons (Using the example of oil-contaminated soils in the Aral Sea region) / R. Narmanova [et all.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – N. 498. – P. 2–8.
2. Изиянов, А.Ю. Биоремедиация нефтезагрязненных почв / А.Ю. Изиянов, Н.Н. Минина // Вестник науки. – 2021. – Т. 1. – № 6–1(39). – С. 200–203.
3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды на территории деятельности Саратовского ЦГМС – филиала ФГБУ «Приволжское УГМС» за 2022 г. Саратов: Саратовский ЦГМС, 2023. – 80 с.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК БАСЕЙНА БЕРЕЗИНЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА

О.И. Грядунова, Л.В. Андрюшук

БрГУ имени А.С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь, *gryadunova@mail.ru*

Речной бассейн Березины служит примером интенсивно используемой территории, что ведет к сокращению объема водных ресурсов и ухудшению их качества (промышленные объекты, жилые зоны, сельскохозяйственные угодья, полигоны для захоронения твердых бытовых отходов, расположенные на этой территории). Проведение анализа и моделирования зависимостей речного стока от климатических факторов является важным инструментом для прогнозирования изменений водного режима реки Березины и планирования устойчивого водохозяйственного режима в будущем.

На территории бассейна Березины 9 мониторинговых метеостанций (Березинский заповедник, Докшицы, Кличев, Лепель, Марьина Горка, Минск, Березино, Бобруйск и Борисов). Климат на территории бассейна – континентальный, с холодной зимой (от –5,5 до –6,5 °С) и относительно теплым летом (от 17 до 19 °С) (рис. 1). В течение большей части XX ст. на территории бассейна Березины наблюдались чередующиеся короткие периоды тепла и холода, примерно равные по продолжительности и интенсивности. Однако с 1989 г. начался период потепления, который выделяется своей уникальной продолжительностью и силой. Этот период отмечен особенно заметным увеличением зимних температур и продолжает влиять на климатические условия региона. С 1997 г. среднегодовая температура ни разу не была ниже средней многолетней (рис. 3).

Годовое количество атмосферных осадков в бассейне составляет от 600 мм на юге до 680 мм в верховьях реки (рис. 2). Анализ выпадения осадков показывает некоторое увеличение годового количества осадков (на 104%). Наибольшее увеличение отмечено в Гомельской и Витебской областях, соответственно – 108 и 105%. В целом можно считать, что количество осадков за период потепления по территории Беларуси изменилось незначительно (рис. 4).

В последние десятилетия в Республике Беларусь отмечается укорочение периода с устойчивым снежным покровом примерно на 10–15 дней, а также снижение глубины промерзания почвы на 6–10 см. Это связано с повышением температур в начале весны, что приводит к более раннему таянию снега и переходу среднесуточной температуры через отметку 0 °С. Такие изменения в среднем происходят на 10–15 дней ранее по сравнению с многолетними данными. В результате, начало вегетационного периода сдвигается на декаду вперед, и его продолжительность увеличивается на 12 дней.