

## Оценка состояния биологически активного фильтрующего материала в условиях рабочей зоны перекрытых канализационных очистных сооружений

Н.В. Кондакова<sup>1</sup>, В.Ю. Белоусова<sup>2</sup>, А.А. Мозгунова<sup>1</sup>, С.Н. Резникова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Южно-Российский Государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

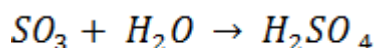
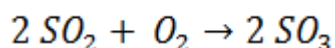
<sup>2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

<sup>3</sup> Донской государственный технический университет

**Аннотация:** В работе приведены исследования состояния биологически активного фильтрующего материала - биогумуса в рабочей зоне станции аэрации на перекрытых канализационных очистных сооружениях. Оценка фильтрующих сорбционных свойств проводилась с помощью методов биоиндикации, а именно, проращивания тест-семян в условиях повышенного содержания диоксида серы. Использовались семена овса, пшеницы, редиса. Эксперимент проходил в четыре этапа с разными временными интервалами времени. Согласно известной методике, по длинам ростков и корешков семян была проведена оценка нетоксичных свойств биогумуса, который может применяться в качестве загрузки на установках биохимической очистки газов, выделяющихся в воздух рабочей зоны от перекрытых очистных сооружений сточных вод. Такой установкой может являться биофильтр. Таким образом, на степень эффективности его работы влияет толщина загрузки, высота каждого из составляющих её слоёв.

**Ключевые слова:** диоксид серы, биоиндикация, перекрытые очистные сооружения, сточная вода, тест-семена, проращивание семян, биогумус.

Наличие повышенных концентраций диоксида серы в атмосфере оказывает негативное влияние на жизнедеятельность человека, животных и растений. Диоксид серы (SO<sub>2</sub>) – это бесцветный газ с характерным запахом (запах загорающейся спички). При взаимодействии с кислородом воздуха образует ангидрид серной кислоты SO<sub>3</sub> и, в конечном счете, саму серную кислоту H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:



Была разработана система очистки воздуха с помощью биофильтра для уменьшения концентрации SO<sub>2</sub> в воздухе рабочей зоны станции аэрации на перекрытых канализационных очистных сооружениях «Суворовские» (далее КОС) в г. Ростов-на-Дону [1,2]. В качестве загрузки использовалась смесь из

древесной коры и биогумуса (вермикомпост, производимый в результате переработки дождевыми червями семейства Lumbricidae органических отходов животноводства, растениеводства и осадков сточных вод).

Для оценки состояния предложенного биологически активного фильтрующего материала (биогумуса) было проведено исследование на основе методики проращивания семян [3-5]. Испытания проводились на территории действующих перекрытых КОС, чтобы также оценить влияние воздушной среды на тест-растения.

Экотоксикологическая методика биоиндикации широко применяется для установления воздействия различных физиологически активных веществ из-за своей относительной быстроты проведения, получения достаточно точных и воспроизводимых результатов, наличия пригодных для индикации объектов в большом количестве. Экотоксикология интегрирует синергические и антагонистические эффекты всех загрязняющих веществ и предоставляет информацию только о биодоступной фракции загрязняющих веществ, которую невозможно было бы оценить исключительно с помощью химических данных [6].

В качестве индикаторов токсичности используются семена сельскохозяйственных растений, среди которых наиболее чувствительны салат, люцерна, злаковые, крестоцветные [7]. База данных РНУТОТОХ [8] каталогизировала 9700 наземных растений и их реакцию на широкий спектр органических токсикантов.

Оценка фитотоксичности может проявляться по-разному, поэтому важно проводить исследования на растениях из различных систематических групп. Согласно международному стандарту ISO 11269-2 для метода биоиндикации необходимо анализировать минимум два вида растений (обязательно однодольное и двудольное). Тест-объектами в проведенном эксперименте выступали семена редиса, пшеницы, овса.

---

Пшеница, овёс – однодольное растение. Проращивание выбранных семян ранее хорошо себя зарекомендовало на водах разного химического состава при проведении биотестирования, результаты влияния токсических веществ на образование и рост корней можно фиксировать уже через несколько суток [9, 10]. Показателем является средняя длина развития корневой системы в тестируемой воде по сравнению с контролем. Редис - это двудольное растение, семена которого также обладают высокой чувствительностью к вредному воздействию.

В ходе теста семена помещают в загрязненный материал, а далее оценивают скорость ингибирования прорастания семян и роста корней после определенного инкубационного периода. Реакция тест-растения формируется под действием токсикантов и факторов окружающей среды. Поэтому фитотестирование биологически активного фильтрующего материала (биогумуса) проводилось в неблагоприятных условиях для оценки его состояния в рамках комплексного загрязнения анализируемых сред. В качестве модельного субстрата использовалась твердая фаза, чтобы избежать возможных заниженных результатов токсичности в случае анализа водной вытяжки.

Выполнялись исследования следующим образом:

1) ёмкости для проращивания семян промыли горячей водой с моющими средствами, затем 1%-ным раствором марганцовокислого калия, снова водой;





2) в чистые промаркированные ёмкости поместили по 50 г. биологически активного фильтрующего материала (биогумуса), на него выложили по 10 сухих здоровых семян тест-растений (однодольных пшеницы и овса, двудольного редиса). С целью сохранения естественных свойств, субстрат не подвергали специальным обработкам, лишь увлажнили дистиллированной водой.

---

Результаты наблюдений фиксировали поэтапно согласно временным отрезкам: I этап-24 часа, II этап- 48 часов, III этап- 72 часа и IV этап-120 часов (табл.1). Такой короткий срок позволяет оценить энергию прорастания семян (для полевых растений – от трех суток).

Таблица 1

Общие результаты проведения биоиндикации состояния биогумуса

Этап исследования	Вид образца
I	
II	
III	
IV	

По истечении срока наблюдений оценивали развитие проростков семян. Согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» эффективность прорастания оценивается следующим образом:

1. Нормально проросшие семена - те, которые к моменту учёта всхожести имеют здоровый вид, разрыв оболочки семени и хорошо развитые корешки, неповреждённые подсемядольные и надсемядольные (гипокотиль и эпикотиль); первичные листочки у злаковых культур.

2. Не проросшие семена – это семена, имеющие здоровый вид, которые к моменту окончательного учета всхожести набухли, но не проросли, и при нажиме пинцетом не раздавливаются; а также твердые семена, которые не изменили внешнего вида и не набухли.

3. Невсхожие семена – это семена, имеющие проростки с полностью или частично загнившими гипокотилем, эпикотилем, корешками, почечкой, семядолями, зародышем; загнившие или почерневшие семена с разложившимся размягчённым эндоспермом;

4. Ненормально проросшие семена - это семена, имеющие одно из нарушений в развитии проростков.

Из анализа табл. видно, что уже на III этапе (72 часа) исследования у двудольных семян редиса было зафиксировано 70 % нормально проросших, имеющих развитый главный зародышевый корешок размером более всей длины семени (размер длины семени 3-5 мм) (рис. 1).



Рис.1 - Проращивание семян редиса на III этапе исследования

На завершающем IV этапе (120 часов) были зафиксированы следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2

Развитие проростков тест-растений при биоиндикации биогумуса

Тест – растение		Однодольные		Двудольные
		Пшеница	Овес	Редис
Развитие проростков	Нормально проросшие	70 %	70 %	90 %
	Не проросшие	20%	20%	0%
	Невсхожие	10%	10%	10%

У однодольных было зафиксировано 70 % нормально проросших семян, имеющих не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени (размер длины семени 3-5 мм). У двудольных было зафиксировано 90 % нормально проросших семян. Средний полученный результат свидетельствует об очень слабо выраженной токсичности.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что биогумус, как биологически активный фильтрующий материал, не создает вредного эффекта. На его поверхности возможно произрастание

растительности в условиях повышенного содержания диоксида серы в воздухе рабочей зоны перекрытых КОС. Поэтому он может применяться в качестве одного из слоёв загрузки в биофилтре, толщина биогумуса будет зависеть от степени загрязнённости воздуха рабочей зоны диоксидом серы и другими веществами.

### Литература

1. Серпокpылов Н. С., Кондакова Н.В., Мозгунова А.А., Гаврилина Ю.А. Фитоиндикаторы выделения газов в рабочей зоне эксплуатации перекрытых очистных сооружений сточных вод //Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. 2019. С. 353-360.
2. Кондакова Н.В. Мозгунова А.А., Гаврилина Ю.А., Серпокpылов Н.С. Оценка состояния воздуха рабочей зоны и выделяемых запахов в условиях крытых очистных сооружений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2019. №4. С. 13-16.
3. Мазуркин П.М. Евдокимова О.Ю. Халитов Р. А. Биотестирование загрязненной нефтью речной воды // Вестник Казанского технологического университета. 2012. №16. С. 172-174.
4. Алексейчук Г.Н. Н.А. Ламан Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки. Мн.: Право и экономика, 2005. С. 48.
5. Мелехова О.П. Сарапyльцева Е.И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, 2-е изд.; испр. М.: Академия. 2008. С. 288.
6. Płaza G. et al. The application of bioassays as indicators of petroleum-contaminated soil remediation //Chemosphere. 2005. Т. 59. №. 2. pp. 289-296.

7. Кулеш В.Ф. Практикум по экологии: учебное пособие для студентов биологических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования. Минск: Вышэйшая школа. 2007. С. 270.

8. Smith B. M. An inter-and intra-agency survey of the use of plants for toxicity assessment //Plants for Toxicity Assessment: Second Volume. – ASTM International, 1991.

9. Иванютин Н.М., Подовалова С.В. Оценка минерального состава и токсичности очищенных сточных вод Крыма как альтернативного источника воды для орошения // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1(13). С. 51-61.

10. Wang W., Keturi P. H. Comparative seed germination tests using ten plant species for toxicity assessment of a metal engraving effluent sample //Water, Air, and Soil Pollution. 1990. T. 52. №. 3. pp. 369-376.

### References

1. Serpokrylov N. S., Kondakova N.V., Mozgunova A.A., Gavrulina Yu.A. Stroitel'nye tekhnologii. 2019. pp. 353-360.

2. Kondakova N.V., Mozgunova A.A., Gavrulina Yu.A., Serpokrylov N. S. Engineering and construction bulletin of the Caspian Sea region. 2019. No. 4. pp. 13-16.

3. Mazurkin P.M., Evdokimova O.Yu., Khalitov R. A. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. №16. pp. 172-174.

4. Aleksejchuk G.N., Laman N.A. Pravo i jekonomika. 2005. p. 48.

5. Melehova O.P. Sarapul'ceva E.I. Biologicheskij kontrol' okruzhajushhej sredy: bioindikacija i biotestirovanie: uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij [Biological control of the environment: bioindication and biotesting: a textbook for students of higher educational institutions]. Moskva, 2018, p. 288.





6. Płaza G. et al. Chemosphere. 2005. T. 59. №. 2. pp. 289-296.
7. Kulesh V.F. Praktikum po jekologii: uchebnoe posobie dlja studentov biologicheskikh special'nostej uchrezhdenij, obespechivajushhih poluchenie vysshego obrazovanija [Ecology Workshop: A Study Guide for Biology Students in Higher Education Institutions]. Minsk. 2007. p. 270.
8. Smith B. M. Plants for Toxicity Assessment: Second Volume. ASTM International, 1991.
9. Ivanjutin N.M., Podovalova S.V. Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 1(13). pp. 51-61.
10. Wang W., Keturi P. H. Water, Air, and Soil Pollution. 1990. T. 52. №. 3. pp. 369-376.