

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук *Садова Сергея Сергеевича* на тему: «Эколого-геологический подход к оценке класса опасности песчано-глинистых грунтов как отходов строительной деятельности» по специальности 1.6.21. Геозкология

Актуальность избранной темы

При современном уровне инженерно-хозяйственной деятельности человека песчано-глинистые грунты, являясь одним из наиболее широко распространенных типов дисперсных грунтов, слагающих площадки строительства тех или иных объектов, подвергаются масштабному комплексному загрязнению, в первую очередь, различными тяжелыми металлами, нефтепродуктами и бензапиреном. В условиях активной урбанизации и интенсивного освоения территорий строительная отрасль является одним из основных источников образования отходов, значительную долю которых составляют перемещенные грунты. На сегодняшний день строительная деятельность производит около 98% отходов IV и V классов опасности, при этом утилизируется лишь около половины их общего количества. Традиционный подход к оценке уровня загрязнения грунтов, основанный на системе предельно допустимых концентраций (ПДК), зачастую не отражает реальной биологической значимости воздействия токсикантов на живые организмы. Одной из причин является отсутствие возможности, при использовании химико-аналитических методов (атомно-абсорбционная спектрометрия, газовая хроматография), учета синергетических и антагонистических сценариев взаимодействия загрязняющих веществ, их биодоступности и влияния на биологическую составляющую грунтов. При этом существующая нормативная база фокусируется на ограниченном перечне нормированных веществ, игнорируя микробиологическую активность и хроническую токсичность. Это создает серьезные риски для окружающей среды

и здоровья населения, поскольку даже при концентрациях загрязнителей ниже ПДК может наблюдаться подавление биологической активности микроорганизмов, что свидетельствует о скрытых формах загрязнения.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа изложена на 151 странице машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 184 наименований, а также 3 приложений. Текст содержит 9 таблиц и 49 рисунков. Структура работы соответствует цели и поставленным задачам исследования.

Во **введении** сформулированы цель и задачи исследования, обоснована актуальность работы, научная новизна и практическая значимость. Охарактеризованы объекты и методы научного исследования, приведены положения, выносимые на защиту, сведения об апробации работы и личном вкладе автора.

Первая глава содержит системный анализ нормативно-правовой базы и существующих методов оценки класса опасности грунтов. Автором проведен подробный обзор международной и отечественной практики управления строительными отходами. Особое внимание уделено выявлению недостатков действующей системы, в частности, преобладанию химико-аналитических методов, игнорирующих биодоступность загрязнителей и их синергетическое воздействие на живые организмы.

В **второй главе** приводится анализ структуры и функциональной роли биоты в грунтах. Автором показано, что биотическая составляющая грунтов включает широкий спектр организмов, от микроорганизмов до более сложных форм, и что численность и биомасса биоты напрямую зависят от пористости и типа пород. Особое внимание уделено симбиотическим отношениям между растениями, микроорганизмами и грибами, а также влиянию жизнедеятельности биоты на состав и свойства грунтов.

В **третьей главе** представлена характеристика отобранных грунтов со строительных площадок города Москвы, а также описание тест-культур, используемых в исследованиях. Автором подробно описаны методы подготовки

контрольных образцов и выбор тест-объектов, включая горчицу белую, сорго сахарное, кресс-салат, рачков *Daphnia magna* и водоросли *Scenedesmus quadricauda*.

В четвертой главе изложена методика проведения экспериментальных исследований, включая планшетное аппликатное фитотестирование, биотестирование с применением рачков и водорослей, условия проведения экспериментов, параметры измерений и критерии их оценки. Особое внимание уделено методике определения хронической токсичности, обусловленной жизнедеятельностью микроорганизмов как биотической составляющей грунтовых систем. Автором доработана методика планшетного аппликатного фитотестирования, обеспечивающая более полную оценку токсичности среды за счет учета прямого контакта растений с грунтом, в отличие от широко используемого элюатного метода. Обосновано исключение фильтровальной бумаги при фитотестировании для обеспечения «безбарьерного» доступа токсичных соединений к тест-культурам, что позволяет учитывать адсорбированные на твердой фазе грунта загрязнители.

В пятой главе представлены результаты экспериментальных исследований, демонстрирующие расхождение в оценке класса опасности грунтов при использовании традиционных химико-аналитических методов и экотоксикологических тестов. Автором установлено, что по результатам химико-аналитического метода все исследуемые образцы песчано-глинистых грунтов могут быть отнесены к V классу опасности. По результатам экспериментального подтверждения методами элюатного биотестирования также не было выявлено признаков острой токсичности, однако эксперименты с использованием планшетного аппликатного фитотестирования продемонстрировали существенное различие. Микробиологическая активность также выявила наличие хронической токсичности в большинстве исследуемых проб. На основе полученных результатов были сформулированы *первое и второе защищаемые положения*.

В заключительной **шестой** главе представлен усовершенствованный подход к оценке класса опасности грунтов, включающий рекомендации по оптимизации последовательности исследований и расширению методов биотестирования. Автором обоснована экономическая целесообразность предложенного подхода, позволяющая снизить затраты за счет сокращения избыточных химических анализов.

На основе результатов экспериментальных исследований автора, представленных в 5 главе, их обоснования и интерпретации в 6 главе было сформулировано *третье защищаемое положение*.

Заключение включает в себя обобщение результатов проведенного диссертационного исследования, формулировку основных выводов работы, обоснованных фактическим материалом и подтверждающих научную новизну и защищаемые положения.

Обоснованность положений, выносимых на защиту, выводов и рекомендаций

Обоснованность положений, выносимых на защиту, а также научных выводов и рекомендаций, определяется методическим подходом к решению, поставленных в работе задач, использованием современной методологии научных исследований, репрезентативностью и полнотой фактического материала.

Достоверность и научная новизна

Достоверность и научная новизна полученных автором результатов определяется представительностью использованного литературного и фактического материала, полученного в ходе экспериментальных исследований, а также применением современных инструментов и методов обработки результатов. Также основные результаты диссертационного исследования были представлены автором на российских и международных конференциях и опубликованы в 3 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Научная и практическая значимость работы

1. На основе экспериментальных исследований выявлено биологически значимое влияние микробиологической составляющей грунтовой системы на высшие растения. При инициации микробного сообщества в песчано-глинистых грунтах эффект токсичности по отношению к высшим растениям увеличивается вне зависимости от их химического, минерального или гранулометрического состава.

2. Установлено и экспериментально доказано отсутствие прямой зависимости между наличием превышений содержания ПДК/ОДК элементов и различных соединений, и реакцией высших растений. Биологически значимое загрязнение может быть, как ниже, так и выше установленных нормативов и обусловлено наличием неустановленных при химико-аналитических исследованиях соединений, а также антагонистическим или синергетическим эффектом определенных.

3. Уточнена методика планшетного аппликатного фитотестирования. Установлено существенное влияние «барьерного» типа контакта семян высших растений на доступность токсичных соединений в песчано-глинистых грунтах. При отсутствии фильтровальной бумаги, как дополнительного «барьера» между поверхностью субстрата (грунта) и семенем, токсический эффект значительно усиливается.

4. Экспериментально установлено, что биотестирование, основанное на использовании водной вытяжки из грунта, не отображает реальный биологически значимый токсический эффект, в отличие от методов аппликатного фитотестирования, подразумевающего контакт с поверхностью грунта тест-культур высших растений.

5. Практическая значимость работы заключается в экспериментальном обосновании эффективности предложенной модели оценки класса опасности грунтов, как отходов строительной деятельности и необходимости включения в перечень проводимых экотоксикологических исследований планшетного аппликатного фитотестирования и метода оценки микробного токсикоза, как

косвенного показателя оценки биотических свойств грунта, доступного для широкого применения. Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию для совершенствования современной системы оценки класса опасности отходов, в отношении песчано-глинистых грунтов, а также в практике, применяемой в рамках инженерно-экологических изысканий.

Соответствие содержания автореферата диссертации

Содержание автореферата полностью соответствует главным положениям и структуре диссертационного исследования.

Вместе с тем, к работе имеются следующие **замечания**:

1. В главе 2 отсутствует детальный анализ сезонной динамики биологической активности в грунтах, что является существенным упущением с точки зрения геоэкологии, поскольку сезонные колебания температуры и влажности значительно влияют на активность микроорганизмов и, соответственно, на процессы биодegradации загрязнителей. Учитывая значительный временной диапазон «благоприятного» периода для инженерно-экологических изысканий, это может являться существенным фактором.

2. Для более корректной оценки результатов элюатного фитотестирования следовало бы провести анализ водорастворимых форм соединений.

3. В экспериментальной части не хватает определения общей численности микроорганизмов, как фактора, определяющего «интенсивность» развития микрофлоры, до и после проведения эксперимента по определению хронической токсичности грунта. Также было бы крайне полезным идентификация культур микрофлоры, полученной по результатам эксперимента для определения ее паталогичности по отношению к человеку.

В целом представленная работа отличается последовательностью изложения, большим количеством уместных и наглядных графических материалов, аргументированностью, корректностью выводов и представительным фактическим материалом, положенным в основу. Указанные

