

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**доктора технических наук, старшего научного сотрудника  
Сольского Станислава Викторовича на диссертационную  
работу Голец Анны Борисовны на тему «Обезвреживание  
ионов тяжелых металлов при санации и рекультивации  
техногенно измененных грунтов», представленной на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 1.6.21 – Геоэкология**

### **Актуальность темы исследования**

Одним из самых негативных последствий антропогенной деятельности является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами. Они способны концентрироваться в живых организмах, вызывая при этом различные патологии развития; они не подвергаются процессам разложения, а лишь перераспределяются в природной среде. Многие тяжелые металлы являются чрезвычайно токсичными даже в следовых количествах. Наиболее опасными для человека, по классификации Всемирной организации здравоохранения, являются ионы таких тяжелых металлов, как кадмий, свинец, марганец, кобальт, железо и медь.

Анализ данных докладов природоохранных организаций показывает, что в крупных городах России наблюдается тенденция увеличения уровня загрязнения почв тяжелыми металлами, а в Санкт-Петербурге почти треть почв не соответствует нормативам. По данным Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности г. Санкт-Петербурга за последнее десятилетие наблюдается увеличение

концентрации кадмия в Выборгском, Красносельском, Московском, Невском и Приморском районах, в отдельных районах также увеличивается содержания никеля, хрома, марганца, кобальта и меди в городских почвах.

Почва городских экосистем, концентрируя в себе различные токсические соединения в соответствии с ГОСТ 25100-2020, может быть отнесена к техногенно измененным грунтам, которые не выполняют функцию биогеохимического барьера для токсикантов на пути их миграции из атмосферы в грунтовые и поверхностные воды и утрачивают способность к продуктивности и биологическому самоочищению.

Диссертационная работа выполнена с учётом цели государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды»: повышение уровня экологической безопасности и сохранения природных систем и посвящена обезвреживанию ионов тяжелых металлов (ИТМ) при санации и рекультивации техногенно измененных грунтов.

Таким образом диссертационную работу Голец А.Б., посвященную разработке научных основ по обезвреживанию от ионов тяжелых металлов в техногенно измененных грунтах, являющихся частью литосферы, с использованием искусственного магнезиального и гипсового камня, а также природных растворов, и приводящую к локализации и/или ликвидации загрязнений, следует признать **актуальной**.

## Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Работа изложена на 211 страницах машинописного текста, включает 33 рисунка, 36 таблиц и 8 приложений на 66 страницах. Список использованной литературы содержит 286 источников.

Во **введении** показаны актуальность выполненной работы, цель и поставленные задачи. Приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, защищаемые положения.

В **первой главе** проведен анализ существующих методов санации и рекультивации земель от ИТМ, показано негативное воздействие ИТМ на геосистемы и дана оценка степени загрязнения техногенных грунтов в г. Санкт-Петербурге. Доказано, что значительное количество методов санации и рекультивации земель по обезвреживанию ИТМ в техногенно измененных дисперсных грунтах не позволяют полностью изъять опасные соединения из биологического круговорота, не обеспечивают необходимую степень очистки или являются затратными.

Во **второй главе** научно обоснован критерий для геоэкологического использования искусственного магнезиального и гипсового камня при санации и рекультивации техногенно измененных дисперсных грунтов. Критерий заключается в том, что обезвреживание ИТМ должно осуществляться путем

самопроизвольного образования труднорастворимых безопасных соединений, являющихся аналогами природных минералов.

Оценка самопроизвольного обезвреживания ИТМ магнезиальным и гипсовым камнем была выполнена путем расчета величины изменения изобарно-изотермического потенциала, который позволил прогнозировать обезвреживающие свойства магнезиального и гипсового камня, а также возможность управления этими свойствами.

В **третьей главе** приведены результаты исследования обезвреживающих свойств магнезиального и гипсового камня, а также природных растворов. Доказана возможность управления обезвреживающими свойствами путем введения модификаторов.

В **четвертой главе** приведены результаты разработки, апробации и эколого-экономической оценки предлагаемых в диссертационной работе технологических решений с использованием магнезиального и гипсового камня, а также природных растворов при санации и рекультивации техногенно измененных дисперсных грунтов.

### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Диссертационная работа последовательно и логично изложена в строгом научном стиле, проиллюстрирована рисунками и графиками, и обладает всеми необходимыми атрибутами научного исследования.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением апробированных и утвержденных методик и методов проведения исследований, а также опытно-промышленной апробацией полученных результатов на территории строительной площадки, принадлежащей ООО «Строительная компания «Выдрица» и в насыпи земляного полотна автомобильной дороги на территории ООО «УМиАТ-98».

Достоверность результатов исследований, проведенных соискателем ученой степени, обеспечена результатами математической обработки достаточного количества полученных экспериментально данных.

#### **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

1. Для обоснования использования магнезиального и гипсового камня при санации и рекультивации техногенных грунтов предложен критерий, позволяющий нейтрализовать ИТМ путем осуществления процессов самопроизвольного образования труднорастворимых соединений, аналогичных безопасным природным минералам.
2. Обнаружена емкость магнезиального камня по отношению к ионам свинца, которая достигает значений 6 мг/г. Установлена и доказана возможность увеличения емкости путем введения модификаторов в магнезиальный и гипсовый камень, что повышает емкости по отношению к ионам свинца до 27,5 мг/г, по отношению

к ионам меди, кадмия, марганца, железа и кобальта составляет от 12,5 до 27,9 мг/г.

3. Обнаружено, доказано и подтверждено термодинамическими расчетами, что изменение температуры окружающей среды не влияет на емкость магнезиального и гипсового камня, и их емкость изменяется в зависимости от дозы модификатора. Установлено, что материалы не обладают селективностью по отношению к различным ИТМ.

4. Расчетами доказано, что концентрация ИТМ (на примере ионов свинца) при выпадении осадка в процессе обезвреживания, ниже предельно допустимой концентрации, что обеспечивает безопасность процессов обезвреживания для техногенных грунтов.

5. Термодинамическими расчетами (на примере взаимодействия с ионами свинца и кадмия) показано и экспериментально подтверждено, что изменение изобарно-изотермического потенциала имеет отрицательное значение для процессов обезвреживания, что свидетельствует об их самопроизвольности; при этом более отрицательные значения в присутствии модификаторов прогнозируют возможность управления обезвреживающими свойствами, которая подтверждается увеличением емкостей модифицированного магнезиального и гипсового камня.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

1. Предложенный критерий для геоэкологического обоснования использования магнезиального и гипсового камня позволяет осуществлять процессы обезвреживания ИТМ в техногенно измененных дисперсных грунтах самопроизвольно с образованием безопасных соединений.
2. Разработанные формулы для расчета дозы искусственного магнезиального и гипсового камня, а также природных растворов могут быть использованы в методах санации и рекультивации техногенно измененных дисперсных грунтов при обезвреживании ИТМ.
3. Экспериментально подтвержден термодинамический прогноз возможности управления обезвреживающими свойствами магнезиального и гипсового камня до увеличения емкости в 4 раза за счет введения модификаторов двумя способами: либо при их изготовлении, либо путем пропитки готового образца.
4. Проведенная опытная апробация на примере использования гипсового камня и природных растворов для санации техногенно измененных дисперсных грунтов от ионов свинца показала снижение концентрации ионов свинца в грунтах в 10 раз до уровня предельно допустимой концентрации. По результатам апробации получены соответствующие акты.
5. Проведенная оценка результатов апробации с использованием расчёта индекса PQ и предотвращенного экологического ущерба доказала преимущество предлагаемых технологических решений;

предотвращенный экологический ущерб на объектах апробации составил более 2,5 млн. руб/год.

6. Материалы диссертации используются в учебном процессе ФГБОУ ВО ПГУПС при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство».

Практическая значимость и техническая новизна предлагаемых способов подтверждена **пятью патентами** на изобретения.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается сходимостью экспериментальных данных с теоретическими предположениями, прогнозами и расчётами. Полученные соискателем результаты свидетельствуют о достижении основной цели работы и последовательном решении каждой задачи, поставленной для реализации цели. Сформулированные соискателем научные положения, выводы и рекомендации соответствуют поставленным в диссертации цели и задачам, представляют несомненный научный и практический интерес, и обладают новизной.

Основные положения диссертационного исследования отражены в 48 печатных работах, из которых 7 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ, 2 работы опубликованы в международных изданиях, включенных в системы



цитирования Scopus, Web of Science, 33 работы опубликованы в других журналах и сборниках трудов. Получено 5 патентов на изобретения. Выпущено 1 учебное пособие.

### **Замечания**

1. В Главе 1 нет хотя бы краткого обзора состояния дел с обезвреживанием ионов тяжелых металлов при санации и рекультивации техногенно измененных грунтов за рубежом
2. В Главе 1 в предложенной автором классификации методов санации и рекультивации техногенных грунтов в зависимости от способа воздействия (Таблица 1.7) нет упоминания распространенного в настоящее время и эффективного метода – создания гидроизолированных могильников или использования загрязненных ИТМ отходов в теле различных инженерных грунтовых сооружений (насыпей дорог, защитных валов и т.п.)
3. В Главе 3, представляющей экспериментальную часть работы было бы уместно дать сводный план экспериментов и детальнее пояснить логику назначения диапазона исследуемых параметров и их градацию при постановке экспериментов
4. В Главе 4, кроме описания технологии внесения модифицированного магнезиального или гипсового камня

непосредственно в техногенно-измененный дисперсный грунт в виде блок – схемы, уместно было бы представить развернутую технологическую карту производства работ

5. В Главе 4 неясно по какой методике производился эколого-экономический расчет, откуда брались исходные данные для расчета и в ценах какого года?
6. Отмечается снижение публикационной активности автора – последняя публикация, как и участие в конференциях датируется 2021 г

Однако, приведенные замечания несколько не умаляют значимости результатов выполненных автором исследований и не снижают общего положительного впечатления от работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа Голец Анны Борисовны является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертация на тему «Обезвреживание ионов тяжелых металлов при санации и рекультивации техногенно измененных грунтов» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Голец Анна

Борисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология.

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук,  
старший научный сотрудник,  
главный научный сотрудник  
лаборатории  
«Фильтрационные  
исследования»  
им. акад. Н. Н. Павловского  
отдела «Основания, грунтовые  
и подземные сооружения»  
АО «Всероссийский научно-  
исследовательский институт  
гидротехники имени  
Б.Е. Веденеева»

**Сольский Станислав Викторович**

«31» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Адрес: Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева», 195220, г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская, 21

E-mail: Solsky@yandex.ru; vniig@vniig.ru

Тел.: +7-921-964-36-05; +7 (812) 493-93-47; +7 (812) 535-54-45

Личную подпись *С. В. Вишнева*

удостоверяю: Начальник  
отдела по работе с персоналом



*Е.Ю. Вишневская*