

**ОТЗЫВ**  
официального оппонента, доктора геолого-минералогических наук  
*Опекунова Анатолия Юрьевича*  
на диссертацию Меньшиковой Елены Александровны на тему:  
«Формирование природно-технических систем горнoprомышленных территорий»,  
представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук  
по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Для подготовки отзыва при рассмотрении диссертационной работы соискателя были проанализированы следующие материалы:

- Текст диссертационной работы на 375 стр., состоящей из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 429 наименований, включая 73 рисунка, 93 таблицы.
- Автореферат объемом 45 стр.

На основании рассмотренных материалов оппонент заключает, что диссертация Меньшиковой Е.А. на тему «Формирование природно-технических систем горнoprомышленных территорий» содержит необходимые и достаточные признаки научно-квалификационной работы, соответствует паспорту специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Актуальность настоящего исследования обусловлена возрастающей техногенной нагрузкой на окружающую среду, в которой немаловажную роль играет образование и накопление техногенных грунтов. Их объемы постоянно растут, что вызывает значительное по масштабам химическое загрязнение природных компонентов окружающей среды, выведение из оборота огромной площади земель, деградацию природно-территориальных комплексов. Этой проблеме посвящено много исследований, проводимых как в нашей стране, так и за рубежом. Однако до сих пор нет ответов на вопросы, связанные с особенностями функционирования природно-технических систем, формирующихся в этих условиях, происходящими в них процессами, строением, составом и динамикой литогенной основы этих систем. Собственно этим вопросам и посвящена представленная на соискание ученой степени доктора наук диссертационная работа. Объектами исследований стали литогенная основа природно-технических систем – грунты, почвы, донные осадки и отходы. Территории исследований – это Кизеловский угольный бассейн, Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, природно-территориальные комплексы хвостохранилищ Качканарского и Костомукшского горно-обогатительных комбинатов, территории градопромышленных агломераций Уральского региона – города Пермь, Екатеринбург, Нижний Тагил, Миасс, Челябинск и др.

В введении диссертации рассмотрена актуальность проводимых исследований, определены цель и задачи. Целью работы является разработка теоретических подходов исследования литогенной основы природно-технических систем горнодобывающих и промышленных территорий, перспективных для прогнозирования состояния геологической среды при прогрессирующем техногенном воздействии. Показана научная и практическая значимость работы. Сформулировано четыре защищаемых положения, которые раскрываются в последующих главах.

В первой главе соискателемдается характеристика и общие закономерности формирования литотехнических систем. Раскрывается суть и содержание объекта исследований – техногенных грунтов. Приводится типизация механизмов образования техногенных грунтов, выделяется группа смешанного природно-техногенного генезиса –

почвы и донные отложения в районах интенсивной хозяйственной деятельности, а также культурный слой. Большое внимание в главе уделяется вещественному составу техногенных компонентов через их ассоциативность. Выделены петрографические, минеральные и геохимические ассоциации. Последним уделено особое внимание. Геохимия техногенных грунтов рассматривается как по литературным данным, так и с использованием собственных материалов, полученных в исследованных районах Качканарского и Костомукшского ГОКов, а также отвалов Кизеловского угольного бассейна. В главе приведены многочисленные примеры изучения вещественного состава техногенных компонентов в разных районах мира, которые в дальнейшем используются при формулировании основных выводов работы. Большое внимание уделяется изучению техногенных частиц в депонирующих средах. Приводятся результаты химического анализа отдельных компонентов техногенных частиц (пирита и гидроксидов железа на углистых частицах). Химический состав представлен с учетом результатов электронной микроскопии, что, безусловно, увеличивает достоверность сделанных заключений. Особенno подробно рассмотрен состав и представлена классификация магнитных сферул, как одного из наиболее распространенных типов техногенных частиц в промышленных районах. В конце главы на основе этих исследований выполнена систематизация техногенных частиц по химическому, минеральному составу и их происхождению, сопровождаемая обширным иллюстративным материалом. Все это в целом является весьма существенным научным результатом первой главы.

Вторая глава, посвященная изучению механизмов природно-техногенной седиментации, начинается с представления общей схемы осадочного процесса с учетом техногенной составляющей. В соответствии с этими соискатель последовательно на большом объеме фактического материала (собственного и опубликованного другими авторами) рассматривает стадии интеграции, дифференциации и концентрации техногенных компонентов в грунтах. Как следствие рассматриваемой стадийности, развивается природно-техногенное минералообразование, которое подробно описывается в работе с привлечением электронных изображений минералов, результатов изучения их химического состава. Приведено большое количество примеров минералообразования на изученных автором объектах. Эти данные можно рассматривать, как еще один шаг в деле познания закономерностей техногенного минералообразования. Представленный материал раскрывает суть механизмов формирования литогенной основы природно-технических систем. На материалах первой и второй глав диссертационного исследования базируется первое защищаемое положение.

В третьей главе раскрываются процессы миграции техногенных компонентов: механическая, физико-химическая и биогеохимическая. Механическая миграция рассматривается по вертикали, в поперечном направлении к долине реки и вниз по течению. Среди этих механизмов основное внимание справедливо уделяется миграции вниз по течению. Здесь же рассматривается миграция в атмосферном воздухе, хотя аэродинамические перенос следовало бы выделить в отдельный подраздел. Достаточно подробно рассмотрена физико-химическая миграция с учетом ее разнообразия и сложности изучения. Автором проведена оценка водной миграции технофильных элементов в зоне влияния действующих рудопроявлений Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. Использован коэффициент донной аккумуляции (КДА), по результатам расчета которого сделаны выводы о миграционной способности элементов. Биогенная миграция рассмотрена кратко с акцентом на коэффициент биологического поглощения.

Наиболее интересным результатом этой главы является детализация процессов миграции техногенного вещества при внештатных ситуациях, под которыми автор подразумевает фильтрационные потоки сточных вод и аварийные разливы. Это собственные исследования, проведенные на хвостохранилище Качканарского ГОКа, с подробным описанием инженерно-геологической и геоэкологической обстановок. В качестве количественной оценки интенсивности миграции химических элементов техногенного происхождения использован коэффициент водной миграции. Изучены объемы и состав техногенных потоков, получены важные выводы. В частности, установлен ряд металлов, для которых в фильтрационной разгрузке определяющим является техногенный фактор; определены количественные характеристики этих процессов. Сделан вывод об относительно небольшом негативном влиянии изученных сточных вод на окружающую среду. На основе материалов, представленных в главе 3, сформулировано второе защищаемое положение.

Четвертая глава посвящена вопросам организации мониторинга природно-технических систем горнопромышленных территорий. Мониторинг рассматривается автором как способ получения оперативной информации для разработки мероприятий по управлению литогенной основой природно-территориального комплекса. Тщательно проработаны вопросы методологии и методики организации и проведения мониторинговых исследований. Основная часть главы посвящена процессу и результатам литомониторинга речных осадков территории Кизеловского угольного бассейна и территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. Следует подчеркнуть высокую степень детальности представления результатов, большое количество табличных данных и иллюстративного материала. В конце главы сформулированы рекомендации по проведению мониторинга ПТС. По материалам главы 4 защищается третье положение.

В главе 5 предлагаются и обосновываются основные направления практического использования техногенных грунтов. Речь идет о разработке технологических схем применения грунтов в качестве полезных ископаемых. Соискатель опирается на результаты собственных исследований, а также опыт подобных работ в нашей стране и за рубежом. Автором проведены исследования хвостов мокрой магнитной сепарации Качканарского горно-обогатительного комбината. Были выполнены экспериментальные работы по их расплавлению и кристаллизации в определенных режимах, а также гравитационной сепарации. Термические испытания с некоторыми полученными продуктами гравитационного обогащения показали их пригодность для получения базальтового волокна. На основе этих результатов построена технологическая схема переработки хвостов мокрой магнитной сепарации ГОКа. В главе также даны рекомендации по использованию отходов Чаньвинского карьера известняков, отходов Березниковского содового завода, солеотходов Верхнекамского месторождения калийно-магниевый солей, отходов ЦБК в г. Краснокамске, сталеплавильных шлаков Мотовилихинских заводов, отвалов Кизеловского угольного бассейна на предмет извлечения редкоземельных элементов. Все рекомендации базируются на комплексных исследованиях и глубокой проработке полученного материала, а также практического опыта использования подобных отходов.

Во второй части 5 главы рассматриваются направления рекультивации техногенных массивов. На основе опубликованных и собственных материалов сформулированы рекомендации по основным направлениям исследования грунтов, которые позволяют выявлять необходимость рекультивации и обосновать ее направления. В главе 5 изложены

предлагаемые автором технологии снижения негативных последствий техногенных изменений геологической среды горнопромышленных территорий, составляющих суть четвертого защищаемого положения.

В заключении работы сделаны выводы, которые в целом освещают решения всех задач, сформулированных в диссертационном исследовании. Таким образом, цель и задачи оцениваемого исследования соискателем были полностью решены.

Автореферат соответствует тексту диссертации и последовательности представления материала в диссертации. Изложение материала в автореферате проводится по защищаемым положениям, что можно оценить только положительно.

Диссертация и автореферат Меньшиковой Елены Александровны соответствуют требованиям ГОСТ Р.7.011-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». М.: Стандартинформ, 2012.

Полученные результаты обладают достоверностью и научной новизной. Достоверность определяется большим количеством публикаций по теме исследований и представления научных результатов на многочисленных конференциях, наличием патента на изобретение. Результаты неоднократно оценивались в профессиональной среде при защите научных отчетов. Научная новизна в полной мере изложена в автореферате и во введении диссертационного исследования. Со всеми пунктами официальный оппонент согласен, выделив некоторые моменты при рассмотрении содержания диссертации.

Степень обоснованности научных положений раскрывается в защищаемых положениях, которые вынесены на защиту. Все положения в необходимой мере раскрыты в тексте диссертации и обоснованы теоретическим анализом, фактическими данными и литературными материалами, а также выводами, которые сделаны на основе комплексного рассмотрения всей совокупности материалов. Рекомендации в основном носят выверенный характер и подкреплены практическими результатами.

Теоретическая значимость работы заключается в дальнейшем развитии концепции природно-технических систем на основе комплексного подхода и системного анализа, а также представлений о трансформации геологической среды в условиях техногенного воздействия.

Практическое значение работы не вызывает сомнения с учетом изложенных в работе методологии и методов проведения мониторинговых исследований геологической среды ПТС, применяемых показателей. Разработаны схемы практического использования техногенных грунтов, включающие технологии снижения негативных экологических последствий изменений геологической среды горнопромышленных территорий.

Диссертация соответствует критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11, 14. Положения диссертации и проведенных исследований опубликованы в 82 печатных работах, в том числе 15 – в ведущих рецензируемых изданиях, 8 – в изданиях индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science.

Достоинство диссертационного исследования заключается в том, что в работе в разумных пропорциях представлена как теоретическая, так и практическая составляющая. По ряду исследований, которые проведены и легли в основу работы, соискатель и ее коллеги были и остаются ведущим научным коллективом в нашей стране, внося большой вклад в изучение литотехногенных систем. Результаты диссертационного исследования, представленного на соискание ученой степени, еще раз это подтверждают. К обоснованию

основных научных положений диссертации привлечено большое количество литературных данных, полученных другими специалистами. Работа написана хорошим литературным языком, содержит необходимое количество табличных материалов и рисунков.

Конечно, столь комплексная работа не избежала определенных недостатков, которые можно обозначить в виде следующих замечаний и рекомендаций.

1. Замечания терминологического характера. Не согласен, что понятие седиментогенез можно использовать для отходов или отвалов горных пород, которые накапливаются или формируются абсолютно искусственным образом. Здесь более подходит терминология, используемая в ГОСТ 25100-2020. «Грунты. Классификация». Седиментогенез обозначает процессы современного осадконакопления, непременным условием которых является дифференциации осадочного материала: механическая, химическая, физико-химическая и биогенная. Для техногенных условий используется также термин техноседиментогенез. В тексте работы, вероятно, присутствует неточность в упоминании термина «искусственный седиментогенез» – в монографии по указанной ссылке данный термин не применяется. Есть и другие терминологические неточности. Не очень удачно изложен материал, касающийся миграции техногенных частиц в морских обстановках (с. 160-161 в диссертации и с. 30-31 в автореферате). Встречаются неудачные геохимические обороты.

2. Недостатком работы является отсутствие раздела «Методика исследований». Представленной информации во введении для диссертационной работы недостаточно. В связи с этим появляется ряд вопросов. Как выполнялся химический анализ почв, донных осадков: с полным кислотным разложением или это какие-то вытяжки? Как проводились экспериментальные исследования по оценке миграционной способности техногенных продуктов, изучению обменных процессов? Методов химического анализа заявлено много, но насколько их результаты сопоставимы между собой? И некоторые другие вопросы.

3. В главе 2 при рассмотрении механической миграции вызывает сомнение тезис о том, что частицы способны погружаться в толщу донных осадков на несколько метров. Возможно, такое происходит, но в редких случаях, которые не заслуживают внимания в данном исследовании. Гораздо интереснее оценить подобный механизм в отвалах пород, где это может иметь не только механические (физические), но и геохимические последствия. И соискатель подчеркивает важность и необходимость таких исследований. При характеристике механической миграции в руслах рек и морях можно было бы воспользоваться давно уже наработанными в литодинамике формулами переноса частиц. Использование коэффициента донной аккумуляции (КДА) возможно при оценке миграционной способности элементов, но это необходимо увязать с их кларком (например, нормировать по кларку). В том же виде, в котором КДА интерпретируется авторами «Методических указаний...», он вряд ли представляет интерес для рассматриваемых процессов.

4. Для исследований, на основе которых выполнена работа, можно рекомендовать более широкое использование статистической обработки материалов, в том числе методами многомерной статистики, например, методом главных компонент факторного анализа. Это было бы особенно уместно в четвертой главе при установлении ассоциативности химических элементов. Разбраковка элементов по ассоциациям только на основе коэффициента концентрации, а также использование таких показателей как КДА и Zc – это не совсем современный уровень.

В заключение следует отметить, что указанные выше замечания и рекомендации никак не снижают научной ценности проделанной работы. Диссертация Меньшиковой Елены Александровны «Формирование природно-технических систем горнoprомышленных территорий» на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, что соответствует требованиям п. 7 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», принятого Ученым советом ПНИПУ, протокол № 3 от 25 ноября 2021 г., а ее автор Меньшикова Елена Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Я, Опекунов Анатолий Юрьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

*Опекунов Анатолий Юрьевич*

доктор геолого-минералогических наук,

специальность 25.00.09 – геохимия,

*геохимические методы поисков полезных ископаемых.*

Институт наук о Земле федерального

государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный университет».

Почтовый адрес: 199034, Санкт-Петербург,

Университетская набережная, 7-9

Телефон: +7 (812) 363-62-21

e-mail: a\_opekunov@mail.ru

(Опекунов А.Ю.)

«26» апреля 2022 г.

