

ОТЗЫВ

на диссертацию **Дунаевой Елены Владимировны** "Научно-методическое обеспечение геоэкологических изысканий для обоснования технических решений при безопасной эксплуатации и рекультивации объектов переработки", представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. (25.00.36) - Геоэкология

Соответствие работы научной специальности

Диссертационное исследование "Научно-методическое обеспечение геоэкологических изысканий для обоснования технических решений при безопасной эксплуатации и рекультивации объектов переработки" соответствует специальности 1.6.21. (25.00.36) – Геоэкология в соответствии с пунктами 1.11 - Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем; 1.15 - Геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов; 3.3 - Геоэкологические аспекты рационального использования и охраны минеральных ресурсов Земли и рекультивации территорий, нарушенных при разработке месторождений и обогащении твердых полезных ископаемых; 3.4 – Развитие опасных технико-природных процессов, методы и технические средства прогноза, оперативного обнаружения и устранения последствий чрезвычайных ситуаций при разработке природных и техногенных месторождений и переработке твердых полезных ископаемых; 3.10 - Инженерная защита экосистем, прогнозирование, предупреждение и ликвидация последствий загрязнения окружающей среды при строительстве, консервации и ликвидации горных и горно-обогатительных предприятий.

Актуальность темы диссертации обусловлена научной и практической значимостью работ в рамках приоритетного направления атомной энергетики, связанного с безопасным обращением с радиоактивными отходами (РАО), а

также Национальными проектами «Экология» по обращению с промышленными отходами и по ликвидации накопленного экологического ущерба. Например, в 2024 году ФГУП «Федеральный экологический оператор» Госкорпорации «Росатом» завершает трехлетние работы по международному контракту с Киргизской Республикой по строительству инфраструктуры и проведению работ по реабилитации хвостохранилищ «Туюк-Суу», «Дальнее», «Мин-Куш», «Каджи-Сай». Это подтверждает, что работа востребована в практической деятельности, а научное изучение закономерностей процессов, протекающих в «жизненном цикле» хвостохранилищ уранодобычи, позволит на экспериментальных данных определить методологию геоэкологических изысканий для эффективных практических мер обеспечения радиозэкологической безопасности территорий и населения.

Научная новизна и результаты работы

Идея работы заключалась в системном изучении физико-механических свойств грунтов хвостохранилищ и методическом определении мероприятий для проведения геоэкологических изысканий на хвостохранилищах переработки урановых руд.

Для достижения поставленной цели автор решила следующие задачи:

1. Сравнительный анализ свойств природных и техногенных грунтов.
2. Сравнительный анализ свойств зол, образующихся в топливно-энергетическом комплексе (ТЭЦ) и при сжигании (обогащении) урансодержащих углей.
3. Исследование влажностного режима в толще хвостовых отложений.
4. Определение перечня и методической последовательности проведения геоэкологических изысканий на хвостохранилищах для принятия технических решений при их эксплуатации и рекультивации.

Основные научные результаты, полученные автором:

1. На основе системного анализа данных геолоэкологических изысканий, полученных автором, доказано различие природных грунтов от техногенных

минеральных образований и выявлены закономерности, характеризующие схожесть намывных грунтов хвостохранилищ с барханскими песками зоны аэрации.

2. Показано различие физико-механических и химических свойств энергетической золы топливно-энергетического производства и золы, образующейся при глубокой переработке радиоактивного минерального сырья.

3. Определены закономерности влажностного режима в теле хвостохранилищ (линз с водой, водонасыщенных зон и островной мерзлоты), позволяющие прогнозировать поведение территорий «уранового наследия» на длительный постэксплуатационный период.

Практическое значение работы Дунаевой Е.В. нашло отражение в разработанной с участием автора инструкции «Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием на хвостохранилищах урановых производств», которая применяется на действующих хвостохранилищах ПАО «ППГХО», рекомендована к применению на других горно-перерабатывающих производствах. Полученные Дунаевой Е.В. результаты практически востребованы и учитываются при проведении изысканий и тарировке пенетрационных установок.

Краткое содержание диссертации, новые решения и недостатки

Диссертационная работа Дунаевой Е.В. включает введение, 6 глав, заключение и список цитируемой литературы. Материал изложен на 125 страницах печатного текста.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цель, поставленные задачи и основные защищаемые положения, отмечены ее научная новизна, достоверность, практическая и теоретическая значимость результатов, представлены методология и апробация работы, ее структура и объем, указано соответствие темы диссертации паспортам специальностей.

Глава I носит реферативный характер. Автором приведены литературные данные об устройстве и назначении хвостохранилищ; обозначена важность контроля состояния техногенных потенциально экологически опасных объектов на всех этапах жизненного цикла.

Рассмотрены существующие классификации грунтов по действующим ГОСТ. Констатировано, что для техногенных грунтов существующие закономерности не подходят из-за фракционирования их в водном потоке (пульпе) и перераспределению по телу хвостохранилища. В качестве доказательной базы для сделанного утверждения приведены числовые значения коэффициента пористости, угла внутреннего трения, модуля деформации, приведенные автором из открытых источников для песков, супесей, суглинков в сравнении с данными исследований в 2012 году на хвостохранилищах ПАО «ППГХО». Различия были бы нагляднее, если свести в сравнительную таблицу. Комментарии и объяснения представленных различий отсутствуют, что превращает приведенные данные просто в иллюстрацию.

Приведены литературные сведения о технологии переработки урановых руд: карбонатное выщелачивание, кислотное выщелачивание, сорбция. Дан перечень радионуклидов в урановой руде.

В главе I автор делает вывод о том, что *«процесс складирования отходов обогащения является, пожалуй, самым выразительным примером конфликтной ситуации в системе «человек-геосреда» на основании того, что «в процессе переработки руд извлекается практически только уран, радий и другие продукты распада урана попадают в отходы. При заполнении отдельных карт хвостохранилища наибольшее количество урана отлагается в их центре на дне, наименьшее – в боковых частях и дамбе».* Утверждение не верно, поскольку известно, что радиоактивные элементы в хвостах находятся в виде нерастворимых соединений и антропогенно не сконцентрированы по сравнению с исходной природной средой. Кроме того, данный вывод никак не связан с рассмотрением физико-механических различий природных и техногенных грунтов, которым посвящена глава.

Глава 2 содержит климатические, географические и геологические данные, полученные при геологоразведке, проектно-изыскательских работах, из эксплуатационной документации российских предприятий – хвостохранилищ уранодобычи «Верхнее», «Среднее», золошлакохранилища ТЭЦ ПАО «ППГХО» (г. Краснокаменск, Забайкальский край), Киргизии («Каджи-Сай», «Мин-Куш», «Кара-Балты»), Таджикистана («Табашар»), а также ПАО «ППГХО».

Автор утверждает, что нахождение хвостохранилища в аридной зоне позволяет сделать вывод о схожести режимов питания грунтовых вод с **режимами пустыни** через зону аэрации, и за очень длительный период в теле хвостов возможно образование водонасыщенной зоны, отрезанной от поверхности слоем мульчи, препятствующей испарительным процессам. Серьезным результатом проведенного Дунаевой Е.В. исследования следует считать установленный автором факт образования в техногенных отложениях **погребённой многолетней мерзлоты** из-за намораживания в зимнее время слоя осадков.

Достоинством работы является выполненное Еленой Владимировной Дунаевой подробное описание геологического строения вышеперечисленных хвостохранилищ. Здесь же представлены полученные автором результаты исследования коэффициентов фильтрации водоносных пород, характеристики песчаных грунтов пляжевой зоны, гранулометрический состав илов, результаты анализа радиоактивного загрязнения проб подземных и поверхностных вод в районе хвостохранилищ (по превышению/непревышению предельно допустимых уровней).

Проведены аналогии свойств урансодержащих золошлакоотвалов со свойствами мелких и пылеватых песков (зола) и гравелистых и средней крупности песков (шлаки).

На основании проведенных исследований сделан вывод о различии природных и техногенных грунтов.

Глава 3 посвящена исследованию гранулометрического состава и

влагопереноса техногенных грунтов. Определен средневзвешенный диаметр частиц в упорной призме, в центральной и переходной зоне, построены кривые сравнения гранулометрического состава техногенных песков в сравнении с барханными песками.

Диссертанту удалось проанализировать большой объем фактического материала из разных карт хвостохранилищ и прийти к выводу, что **влагоперенос в хвостохранилищах аналогичен условиям песчаной пустыни**, поскольку несмотря на различие в морфологии и химии поровых вод, техногенные грунты практически схожи с барханными песками.

Впервые исследованы свойства и гранулометрия золы, образованной при сжигании урансодержащих углей «Каджи-Сай» (Киргизия), доказано ее отличие от обычных зол ТЭЦ, главным образом – в гидрофильности.

Наиболее ценный результат работы Дунаевой Е.В., на мой взгляд, - гидрогеологические расчеты режима подземных вод. Автор опирается в расчетах на классические зависимости Козени, Зайкова, Полякова, Дарси и ей удастся вычислить избыточное увлажнение, увязав годовой баланс подземных вод, расчетный коэффициент увлажнения, расчетную величину испарения с водной поверхности, а также получить равновесные эпюры влажности на различных глубинах.

Важным научным результатом диссертации является установленная Дунаевой Е.В. закономерность влагопереноса техногенных грунтов, позволяющая в каждом конкретном случае установить, происходят ли процессы питания, испарения, влагообмен грунтовых вод за счет атмосферных осадков.

В **Главе 4** автором диссертации представлены рекомендации по применению геофизических методов для непрерывного изучения изменяющихся во времени свойств инженерно-геологической зоны. Автор считает, что основным методом изучения залегания техногенных пород, оценки минерализации и особенностей фильтрации является **электроразведка** с получением результата в виде геоэлектрического разреза (в прямой связи с

геологическим). Для этого следует проводить режимные геофизические наблюдения, по результатам которых прогнозировать физико-геологические, инженерно-геологические, гидрогеологические процессы во времени. А с целью уменьшения количества буровых выработок и получения физико-механических свойств грунтов автор рекомендует испытание намывных грунтов **динамическим зондированием** (пенетрацией), с помощью которого необходимо определять объемную массу скелета, коэффициент пористости, модуль деформации, сцепление, угол внутреннего трения, коэффициент сжимаемости, для илов - консистенцию, для песков - степень плотности и динамическую устойчивость.

Приведенные в данной главе данные указывают на основное отличие хвостов от грунтов - рыхлость, неоднородный состав, слоистость, большую вероятность накопления воды в порах, островной характер прослоев погребенных многолетнемерзлых участков. Все эти свойства могут провоцировать опасность выпирания и деформаций, включая разрушение плотины и ее элементов.

Поэтому логичным продолжением исследований Дунаевой Е.В. явилась **Глава 5**, в которой диссертантом даны методические рекомендации по исследованию хвостохранилищ для принятия оптимальных решений перед рекультивацией.

Предлагаемый Еленой Владимировной Дунаевой комплекс исследований включает в себя: буровые работы с документацией керна; геофизические исследования (вертикальное электрическое зондирование, скважинная геофизика, георадарная томография, индукционная электротомография, лазерная дифракция); гидрогеологические исследования (динамические и статистические уровни воды, коэффициенты фильтрации); дополнительно для расчета остаточного содержания урана в хвостах – гамма-каротаж и каротаж нейтронов деления скважин.

Практическим примером предложенного комплексного подхода приведен выполненный диссертантом разрез чаши хвостохранилища «Верхнее» (рис.5.1).

Глава 6 содержит общеизвестные рекомендации МАГАТЭ о критериях безопасности при изоляции РАО, не содержит результатов работы автора (кроме расчета оценки экологического ущерба) и в целом, на мой взгляд, выглядит инородным включением в диссертационное исследование. Излишнее драматизирование на авариях на хвостохранилищах (причем не РАО, а ядовитых отходов, не относящихся к теме) по-видимому было призвано подчеркнуть актуальность работы в свете «борьбы за экологию против радиации и всего вредного», однако смазало впечатление о взвешенном инженерном подходе автора к промышленным объектам и, к сожалению, не украсило работу.

Без ущерба для смысловой нагрузки диссертации следовало бы от главы 6 просто отказаться. Либо сократить главу 6 до расчета оценки экологического ущерба. Это позволило бы избежать неграмотных выражений типа «сверхкатегорийные отходы», «эксхалиция хвостов на длительные периоды времени», «интенсивность эксхалиции радона», «предельно допустимые сверхфоновые концентрации».

В **Заключении** приведены выводы по результатам диссертационной работы.

Несмотря на несомненные достоинства работы, помимо вышеуказанных комментариев, существует ряд **замечаний и вопросов**:

1. В диссертации отсутствует глава «Методика исследования». В автореферате имеется «методика исследования» (4 строки) и «методы исследования» (4 строки), где отсутствует четкое и полное описание методики экспериментов, методик и точек пробоотбора, пробоподготовки, усреднения и формирования представительных проб, описание средств измерений (точности, погрешности) и т.д.

2. Слабой частью работы считаю отсутствие обсуждений представленных табличных и графических данных, выводов по окончании каждой главы. Это значительно снижает качество доказательной базы.

Например, прошу пояснить рис.3.5 (стр.55) – кривые сравнения барханных песков, зол и техногенного грунта. Автор на основании приведенных графиков делает вывод, что они «практически одинаковы», тогда как из рисунка с 4-мя совершенно разными по отношению к друг другу кривыми этого очевидно не следует. То же замечание в определенной мере относится и к рис. 3.1-3.4: на графиках отсутствуют доверительные интервалы точек значений, каким образом и с какой погрешностью результаты получены не указано (см. замечание 1), описание под графиками носит декларативный характер.

3. Прошу ответить, данные табл.9 – это расчеты автора или справочные данные из Справочника гидрогеолога, 1962 г, ссылка [92]?

4. Ссылка [37] – Инструкция «Методы полевых испытаний...», которую автор представляет как практический результат данной научной работы, представлена без указания библиографических данных (кем издана/зарегистрирована, когда, кто авторы-разработчики, количество листов и т.д.).

5. Данные таблицы 14 не согласуются с описанием после таблицы значения 0,005-0,4 м/сут, отсутствующего в таблице. Прошу пояснить разночтения. Представление результатов в табл.14 неоднозначно, ребусно, с приведением в одной ячейке до 4 значений или с отсутствием значений в ячейке (без объяснений). Автору следовало бы потрудиться над наглядным представлением результатов.

6. Не ясно, на основании чего в главе 4 (стр.82) появилось утверждение, что полученные автором расчетные значения и методики позволят «предотвратить аварии и ущерб от нее не менее 500 млн» (млн.чего? такая удивительно круглая сумма?), поскольку в работе не проводились экономические расчеты (и не входили в задачи исследования), а представленная далее в главе 6 «оценка расчета экологического ущерба» представляет собой набор формул (из открытого источника, ссылка [47] на работу научного руководителя диссертанта, 1997 г.) без численных значений. Работу безусловно усилила бы глава с экономическим расчетом на основе полученных автором

экспериментальных и расчетных данных по представленным формулам, но этого не произошло.

7. Прошу пояснить, формулы эмпирических зависимостей (не пронумерованы), приведенные на стр.77 со ссылкой на [37] – Инструкция «Методы полевых испытаний...», получены лично автором?

8. Прошу пояснить, формулы эмпирических зависимостей (5.1, 5.2), приведенные на стр.87, получены лично автором?

9. Прошу пояснить личный вклад автора в результаты, представленные на рис.5.1 (стр.96). Какие непосредственно работы выполняла Дунаева Елена Владимировна?

10. Следует исправить ряд оформительских неточностей: 1-судя по данным табл.17 (стр. 100-101), «*Центральная часть Чили город Эль-Кобре*» и «*Венгрия район города Айка*» находятся на территории «*нашей страны*»; 2- «*1000 мкР/час*» (стр.39) - заменить на системные единицы измерения мощности экспозиционной дозы.

Выводы

Автор Дунаева Елена Владимировна выполнила цикл исследований и получила новые научные результаты, которые можно рассматривать как завершенную научно-квалификационную работу, соответствующую уровню кандидатской диссертации.

Сделанные замечания не снижают значимость выполненной работы и полученных результатов. Основные положения диссертации отражены в 4 статьях ВАК, учтены при составлении инструкции по проведению работ на действующем предприятии. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842)

(с изменениями и дополнениями), а ее автор, Дунаева Елена Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. (25.00.36) - Геоэкология.

Официальный оппонент  Горбунова Ольга Анатольевна,

13.12.2023

доктор технических наук (05.17.02 – технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов, 05.17.02 – технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, 25.00.36 – геоэкология (технические науки)),

доцент по кафедре «Инженерная защита окружающей среды»,

начальник службы обеспечения технологическим оборудованием

Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный экологический оператор» Госкорпорации «Росатом» (ФГУП «ФЭО»)

Адрес: 119017 г. Москва, Пыжёвский переулок, д. 6, <https://www.rosrao.ru>, e-mail: OAnGorbunova@rosfeo.ru, тел.: +7(495)710-76-48, доб.1108, моб. раб. +7(985)-783-58-66.

Я, Горбунова Ольга Анатольевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«13» декабря 2023 г.



/Горбунова О.А./

Подпись Горбуновой О.А. заверяю.

Эксперт по работе с персоналом Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный экологический оператор» Госкорпорации «Росатом» (ФГУП «ФЭО»)



/Добровольская О.М./