

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Юркевич Наталии Викторовны на тему “Техногенные экосистемы: динамика развития и ресурсный потенциал (на примере хранилищ отходов горнорудного производства в Кемеровской области и Забайкальском крае)”, представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых»

**Актуальность темы.** Актуальность темы исследования сомнений не вызывает. Давно назрела и даже может быть перезрела тема, связанная с необходимостью выявления закономерностей геохимической эволюции техногенных экосистем для определения масштабов и механизмов воздействия на окружающую среду. Безусловно, актуальны исследования таких объектов для оценки возможности их использования как техногенных месторождений для улучшения положения с ресурсным потенциалом. По проблеме геохимии природно-техногенных систем остаются малоизученными такие важные вопросы, как закономерности трансформации сульфидсодержащих отходов горнорудного производства в зависимости от их физического состояния и химического состава. Расшифровка механизмов эволюции техногенных экосистем необходима для разработки комплекса мероприятий по их переработке, минимизации их влияния на окружающую среду и рекультивации нарушенных территорий.

**Цель и задачи работы.** Цели и задачи сформулированы чётко, в тексте диссертации последовательно рассмотрены. Для решения поставленных задач диссертантом использован комплекс полевых натуральных наблюдений, начиная с 2003 года. Аналитические работы выполнены с использованием современной приборной базы как базового института, так и привлечения возможностей смежных научных организаций. Большой объем полевых работ на шести природно-техногенных объектах заслуживает уважения. Комплекс аналитических работ и его разноплановость, включая экспериментальные исследования, свидетельствуют о представительности материала для диссертационной работы.

**Оформление диссертационной работы.** Диссертация изложена на 291 странице текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, содержит 80 рисунков и 49 таблиц. Работа последовательна по логике изложения. Диссертант владеет и правильно использует основные термины и определения.

**Научная новизна.** По результатам комплексного применения электротомографии, заверенным геохимическим опробованием определено внутреннее строение техногенных объектов с выявлением зон окисления, геохимических барьеров и зон фильтрации дренажных растворов. Установлено, что техногенные экосистемы являются источниками серо-, селен-, азот- и углеродсодержащих газов. Впервые для подобных техногенных систем обнаружено формирование сероуглерода в приповерхностном слое воздуха над отвалами. Установлена взаимосвязь между

геохимическими, электрофизическими параметрами техногенных тел и факторами окружающей природной среды.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость диссертационной работы связана с разработкой концепции комплексного изучения техногенных экосистем. Она позволила выявить закономерности их эволюции во времени и в разных климатических условиях. Идея, которую докторант развивает в работе, заключается в том, чтобы эмпирически связать удельное электрическое сопротивление техногенной среды, определяемое методами электроразведки, с химическим составом и физико-химическими свойствами изучаемого вещества путём прямого сопоставления геохимических и геофизических данных в верхних частях разреза и сделать экстраполяцию на глубинные горизонты. Практическая значимость работы заключается в создании научно обоснованной схемы экспертной оценки экологической опасности складирования отходов при добыче сульфидсодержащих руд с учетом экономической составляющей.

**Глава 1.** Рассмотрены общие вопросы преобразования вещества сульфидных отходов, формирования кислых дренажных потоков, увеличения подвижности химических элементов и образования геохимических аномалий в районах хранилищ отходов. Даётся определение техногенной экосистемы и гиперкриогенеза. Рассматривается проблема воздействия на окружающую среду в результате деятельности горнорудных производств. Затронуты вопросы расчетов экологических ущербов и подсчета ресурсов, критерии отнесения техногенных экосистем к месторождениям, современное состояние техногенных экосистем, основные направления рекультивации нарушенных земель и переработки техногенного сырья. Несмотря на то, что глава является обзорной, оппонент не может согласиться с изложенным на стр. 20: "... не существует установленной методологии оценки ресурсов и обращения с отходами....". Прежде чем приступить к использованию техногенных ресурсов, в пределах собственного горного отвода или новый собственник, в соответствии с существующими на сегодняшний день требованиями владелец обязан выполнить разведку по разведочной сети определенной плотности, подсчитать ресурсы и поставить их на баланс в ГКЗ РФ.

**Глава 2.** Приведена общая характеристика хранилищ отходов Салаирского рудного поля (Дюков Лог, Талмовские Пески), отвалов Ново-Урского месторождения, хвостохранилищ Комсомольского золотоизвлекательного завода (Кемеровская область), Шахтаминского молибденового месторождения и Дарасунского рудного узла (Забайкальский край). Объекты исследования были выбраны таким образом, чтобы охватить техногенные системы разного возраста, кислотности, степени рекультивации на территории с резко континентальным климатом (Кемеровская область, Забайкальский край).

**Глава 3.** Изложена методология исследований и охарактеризован алгоритм исследований. Перечислены полевые и лабораторные геохимические, геофизические и эконометрические исследования, которые легли в основу авторской методики исследования техногенных экосистем:

**Глава 4.** Даётся оценка строения и состава техногенных экосистем по данным геохимических и геофизических исследований, рассматриваются результаты определения состава техногенных экосистем с применением электротомографии и химических анализов вещества, опробованного в шурфах в зонах с контрастными электрическими сопротивлениями. Обосновывается взаимосвязь электрофизических и геохимических параметров среды.

**Глава 5.** Приведено обоснование механизмов миграции вещества из техногенных экосистем с водными и газовыми потоками. Освещается миграция растворов из межпорового пространства за пределы техногенной системы, выщелачивание металлов по ходу фильтрации, формирование подземных потоков и их миграцию в горизонты подземных вод или природные водные объекты. Рассмотрена суточная и сезонная динамика концентраций газов в приповерхностном слое воздуха над отвалами, рассмотрена роль биотического фактора в формировании состава серо- и углеродсодержащих летучих соединений.

**Глава 6.** Обосновывается методология расчета объемов техногенных экосистем, ресурсов ценных и токсичных элементов, экологических ущербов и рентабельности переработки. Приведены результаты расчётов объемов изученных техногенных тел, ресурсов металлов в твёрдом веществе и их подвижных форм на основании комплексной геохимической и геофизической схемы исследований, предлагаемой автором. Приводится описание схем исследований, алгоритм и результаты расчётов объемов и ресурсов металлов для каждого объекта в отдельности с учётом индивидуальных особенностей их строения. Приводится оценка экологических ущербов, ресурсов, обосновывается целесообразность переработки и технико-экономический план работ по рекультивации техногенных объектов.

Соискатель выносит на защиту следующие научные положения:

1. Применение методов электроразведки позволяет визуализировать и количественно описать строение техногенных систем, поскольку геохимическая дифференциация вещества за время хранения сульфидсодержащих отходов обогащения приводит к формированию градиентной зональности удельного электрического сопротивления (УЭС): значения УЭС 1-20 Ом·м соответствуют слабо-окисленным тонкозернистым отложениям, а гипергенно-трансформированные горизонты характеризуются УЭС 21-300 Ом·м.

За время хранения отходов происходит геохимическая дифференциация вещества, что приводит к формированию градиентной зональности УЭС. Под дифференциацией вещества понимается дифференциация химических элементов или твердофазные трансформации? Что понимается под веществом? Это положение в форме одного перегруженного информацией предложения содержит и четкую градацию УЭС 1-20 Ом·м и 21-300 Ом·м для двух различающихся типов отходов. Но, на стр.77 указаны три диапазона УЭС, в четвертой главе четыре диапазона. На практике эти значения для разных типов отходов будут “с наложением, захлестом” для разных объектов и универсальности здесь нет.

**2. Процессы окислительного выщелачивания металлов и металлоидов из вещества отходов интенсифицируются в зоне гиперкриогенеза на границе техногенных отложений и мёрзлых пород за счёт сезонного колебания температур. С дренажными потоками химические элементы попадают в горизонты подземных вод и далее – в поверхностные водотоки, в результате чего формируются гидрохимические аномалии на расстоянии до 10 км от хранилищ.**

Терминологически являются ли синонимами употребляемый термин “мерзлые породы” и “мерзлота”? Как и какими наблюдениями доказывается миграция химических элементов в горизонты подземных вод и далее в *поверхностные водотоки*? Расстояние миграции до 10 км определяется не интенсивностью процессов окислительного выщелачивания элементов, а дебитом природных водотоков в которые впадают техногенные водотоки, что следует из приводимых в диссертации схем.

**3. Сезонные и суточные колебания температуры способствуют продукции серо-, азот- и углеродсодержащих газов из вещества сульфидсодержащих отходов. Под снежным покровом при низких положительных температурах генерация газов интенсифицируется по сравнению с открытыми участками. За эмиссию метилированных форм серосодержащих соединений (диметилсульфид – до 420 мкг/м<sup>3</sup>) отвечают бактерии *Bacillus Mycoides*.**

Первое предложение защищаемого положения. Как увеличивается/уменьшается продукция S, N и C-содержащих газов при повышении/понижении температуры на 3, 5, 10, 15 °C? Второе предложение. При низких положительных температурах генерация газов интенсифицируется на ? % при мощности сугроба в ? см? Расчищенный для эксперимента с замерами микропрофиль длиной 14 м имел определенную ширину и эта площадь склона отвала была представительной для сделанных выводов? Третье предложение. Почему именно *Bacillus Mycoides* несут основную нагрузку и ответственность за процессы метилирования серосодержащих соединений (диметилсульфида)? Окисление сульфидов в хвостохранилищах при pH<4 это удивительная среда для тионовых бактерий с такими же содержаниями 10<sup>5</sup> – 10<sup>6</sup> клеток/мл.

**4. Сопоставление объемов техногенных экосистем, ресурсов цветных и благородных металлов в каждом из объектов, полученных в результате применения авторской геохимико-геофизической методики, с экологическими ущербами от загрязнения водных и земельных ресурсов и стоимостью природовосстановительных мероприятий указывают на целесообразность переработки с извлечением золота и барита (на примере Комсомольского хвостохранилища и Урских отвалов в Кемеровской области).**

Наибольшее количество вопросов именно к четвертому защищаемому положению. Это относится и к нормативным документам по расчету ущерба, когда ссылка идет на методику расчета, рекомендованную Президиумом Академии наук СССР в 1983

г. 40 лет это более чем большой срок для ключевых изменений в нормативных документах.

Оппонент не согласен с методиками расчетов объема техногенных ресурсов. Не установлены формы нахождения элементов в материале отходов. А значит, нет информации о целесообразности и самой возможности их извлечения. На одном из объектов ресурсы Au оценены в 1.2 тонны. Но, в таких объектах с сульфидно-силикатным составом отходов примерно 5% приходится на свободное золото, 18-20% на цианируемое, а остальное приходится на неизвлекаемое. Это же относится к многим элементам. Не было проведено ни одного лабораторного уровня исследования по обогащению. Появились бы цифры по извлечению (например, выход барита в концентрат). Эти цифры, при несоответствии ГОСТу или ТУ, повлекли бы необходимость глубокого обогащения. И экономические расчеты имели бы другой вид. Ключевая фраза в методике расчета объема техногенных ресурсов приведена в диссертации на стр. 48: “Расчёты ресурсов проводились с использованием информации об общем объеме отходов, концентрациях ценных компонентов в них с примерной оценкой их рыночной стоимости *без учета затрат на извлечение*.” В разделе 4.2.2. на стр. 109 диссертант приводит описание неоднородности отходов в вертикальном разрезе шурфа хвостохранилища Талмовские пески. Даже из этого краткого описания видна степень неоднородности с чередованием сульфатно-сульфидного материала хвостов и алюмосиликатного. Селективная выемка невозможна, а разубоживание при смешении материала неизбежно. Часть материалов в таблицах из-за ошибок также влияет на расчеты. В таблице 4.1 (Дюков лог) в последнем столбце приведена сумма металлов. Здесь объединены Al и Fe, дающие 98% объема и Cd и Pb, в сумме составляющие не более 0.3%. В таблице 4.11 (Урские отвалы) содержания BaO 15%, S<sub>сульфат.</sub> 0.7%. Если содержания по BaO пересчитаем на барит, то получим 23% по объему, а если по S<sub>сульфат.</sub>, то 2% барита. В этой же таблице при содержаниях Zn в 36 г/т, что вдвое ниже кларка, установлен гидроксо-сульфо-карбонат цинка?

Представленная к защите диссертационная работа Юркевич Наталии Викторовны на тему “Техногенные экосистемы: динамика развития и ресурсный потенциал (на примере хранилищ отходов горнорудного производства в Кемеровской области и Забайкальском крае)” является крупным научным исследованием. Сильными сторонами выполненной работы являются: разработана комплексная методология изучения заброшенных отходов горнорудного производства, которая включает геофизические исследования, геохимическое опробование, лабораторно-аналитические работы, оценку неоднородности вещества отходов и корреляционных связей с данными электропрофилирования. Установлена роль климатического фактора в эволюции техногенных систем. Рассчитаны ресурсы металлов в изученных хранилищах отходов горнорудного производства, определены объекты, представляющие экономический интерес. На защиту представлена диссертация достойного уровня.

Диссертационная работа Юркевич Наталии Викторовны на тему “Техногенные экосистемы: динамика развития и ресурсный потенциал (на примере хранилищ

отходов горнорудного производства в Кемеровской области и Забайкальском крае)'' выполнена на высоком научном уровне и является завершенной квалификационной работой. Данная работа соответствует п. 9-14 раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а диссертант, Юркевич Наталья Викторовна, заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Автор отзыва

Удачин Валерий Николаевич, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», директор Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук

Адрес организации: 456317 Челябинская область, г. Миасс, тер. Ильменский заповедник

Интернет-сайт организации: <http://www.chelscience.ru/>

E-mail автора отзыва: udachin@mineralogy.ru

Телефон автора отзыва: 8-3513-298098

Я, Удачин Валерий Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



В.Н. Удачин

18. 09. 2024

Подпись Удачина В.Н. заверяю



шавающей спечати  
по соглашению

