

**Антонинова Наталья Юрьевна**

кандидат технических наук,  
заведующая лабораторией экологии горного  
производства,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620219, Россия, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58

**Славиковская Юлия Олеговна**

кандидат экономических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории экологии горного производства,  
Институт горного дела УрО РАН

**Шубина Любовь Андреевна**

научный сотрудник  
лаборатории экологии горного производства,  
Институт горного дела УрО РАН,  
e-mail: [geoeco@igduran.ru](mailto:geoeco@igduran.ru)

**ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
РИСКОВ ПРИ ВОЗОБНОВЛЕНИИ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ\***

---

*Аннотация:*

*В целях выявления чувствительности проекта к эколого-экономическим рискам выполнен комплекс исследований по их оценке. Произведена оценка экологической безопасности и экономической эффективности проекта при условии изменения платности и возмездности наносимого ущерба компонентам природной среды при разработке месторождения полезных ископаемых.*

*Ключевые слова: месторождение, геоэкологические риски, окружающая среда*

---

**Antoninova Natalya Y.**

candidate of technical sciences,  
the head of the laboratory of mining production  
ecology,  
The Institute of Mining the Ural Branch of RAS,  
620219, Russia, Yekaterinburg,  
Mamin-Sibiryak st., 58

**Slavikovskaya Yuliya O.**

senior researcher,  
candidate of economic sciences  
the laboratory of mining production ecology,  
The Institute of Mining, the Ural Branch of RAS

**Shubina Lubov A.**

a researcher,  
the laboratory of mining production ecology,  
The Institute of Mining, the Ural Branch of RAS  
e-mail: [geoeco@igduran.ru](mailto:geoeco@igduran.ru)

**EVALUATION GEO-ECOLOGICAL  
RISKS RESUMING MINERAL  
RESOURCES MINING**

---

*Abstract:*

*For the purpose of revealing the project's sensitivity to ecological and economic risks the complex of researches on their assessment is executed. The assessment of ecological safety and economic efficiency of the project under the condition of changing the caused damage's payment and recovery to environment components while mining the deposits of mineral resources is performed.*

*Keywords: mineral resource, geo-environmental risks, environment*

---

Одним из актуальных вопросов развития промышленного производства в Южной Осетии является возобновление работы Квайсинского рудника, осваивавшего одноименное месторождение свинцово-цинковых руд в 1950–1995 гг. Промышленные запасы Вольхохского участка Квайсинского месторождения (Проток. № 3344 засед. ЦК по запасам полезных ископаемых от 23.04.1990) составляют 2217,0 тыс. т по категории В+С1. В настоящее время рассматривается вопрос о восстановлении работы на старой технологической основе, с созданием (реконструкцией) предприятия с использованием новых технических решений и оборудования (рис. 1).

С деятельностью Квайсинского рудника и его обогатительной фабрики в период эксплуатации связано комплексное ухудшение экологического состояния окружающей среды (ОС). Зона негативного влияния имеет значительную площадь на территории

---

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-05-96038 и в рамках научно-исследовательского проекта 12-М-23457-2041

Кударского ущелья (табл. 1), а применяемые системы разработки месторождения оказали разрушительное воздействие на почвы района, горные ландшафты и поверхностные водные источники (табл. 2, рис. 2, 3.).

Основными информативными показателями степени антропогенной трансформации окружающей среды района функционирования предприятия при оценке экологических рисков возобновления работ являются

- растительный экоиндикатор - виды растений, по признакам которых возможна оценка экологических режимов природного комплекса;
- водонепроницаемость рельефообразующих пород;
- наличие/отсутствие загрязнения почвенного слоя;
- содержание гумуса в почве;
- площадь очагов техногенного воздействия (нарушенных земель);
- площадь земель, подверженных эрозии;
- объем выбросов в атмосферу;
- загрязнение поверхностных вод.

Оруденение Вальхохского участка залегало в интервале глубин 1950 м (поверхность) – 1450 м с вертикальным размахом 500 м. Верхняя часть рудных тел участка до горизонта штольни 85 (абс. отметка 1780,5 м) отработана. Горнотехнические условия Вальхохского участка идентичны условиям Квайсинского участка. Отличие лишь в незначительном развитии в его пределах верхнеюрских известняков. Породы байоса представлены туфопесчаниками, туфами и дацитами (альбитофирами).

Коэффициент крепости свинцово-цинковых руд по шкале проф. Протождяконова составляет 7 – 13, вмещающих пород 8 – 16, в зонах гидротермального изменения и рассланцевания 3 – 6 [1].

Рельеф Кударского ущелья – среднегорный и высокогорный – представлен серией высоких водораздельных хребтов с резко очерченными контурами, крутыми склонами и расчленен глубокими ущельями рек.

Также в районах ведения горных работ и на территории г. Квайси отмечено [4] загрязнение верхних почвенных слоев медью и кадмием. Накопление тяжелых металлов в почвах связано с переходом их подвижных форм в сезонные и многолетние растения, что отражается на состоянии лесных массивов и растительных сообществ.

Отработка запасов месторождения будет сопряжена с дополнительным нарушением земной поверхности. Выемка полезных ископаемых с применением технологий с обрушениями приводит к нарушению равновесия окружающего массива пород и деформации земной поверхности. При этом необходимо отметить, что рассматриваемая территория уже нарушена прошлой хозяйственной деятельностью предприятий. Обязательной частью проекта возобновления работ будет проект рекультивации (технического и биологического этапов).

На территории рудника отмечены деформации массива пород и земной поверхности: развитие зон трещиноватости или уплотнения массива вмещающих пород, прогибы поверхностей. Отмечено [5] наличие 5 провалов глубиной от 30 до 40 м, длиной около 100 и шириной около 50 м, которые приурочены к зоне интенсивной тектонической нарушенности. Отработка запасов на первом этапе (Вальхохский участок) будет сопряжена с дополнительным нарушением земной поверхности: площадью промплощадки не менее 17 га и площадью действующего хвостохранилища Квайсинской обогатительной фабрики – 512 га, где к 2002 году заскладировано около 20 млн т хвостов обогащения.



Рис. 1 – Существующее положение в районе возобновления горных работ

Доминирующим путем распространения загрязнений водной среды будет являться система поверхностных вод.

Таблица 1  
Зоны экологических изменений лесных массивов Кударского ущелья [3]

Лесные массивы	Отдаленность от источников загрязнений	Зоны экологических изменений	Результаты экологических изменений и нарушений
Квайсинский Надарвазский	0,5 – 5 км	Зона сильных нарушений и загрязнений	Гибель лесных массивов, коренных сообществ, деформирование деревьев
Кировский Ерцойский Цонский	5 – 20 км	Зона умеренных нарушений и загрязнений	Угнетение и гибель части лесных массивов, замена их более устойчивыми к новым условиям
Кобетский Джалабетский Карзманский	30 – 50 км	Зона слабых нарушений и загрязнений	Незначительные воздействия на лесные массивы. Нет экологических нарушений и загрязнений

Таблица 2  
Содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах Кударского ущелья

Река	Содержание загрязняющих веществ (мг/дм <sup>3</sup> )		
	Свинец	Цинк	Медь
Джоджора	4,5	3,9	2,2
Квайса-дон	3,2	3,9	2,1
Навардаз-дон	3,1	2,2	1,2
Гремула	2,2	2,2	1,2
<i>ПДК<sub>рх</sub></i>			
	0,001	0,01	0,01

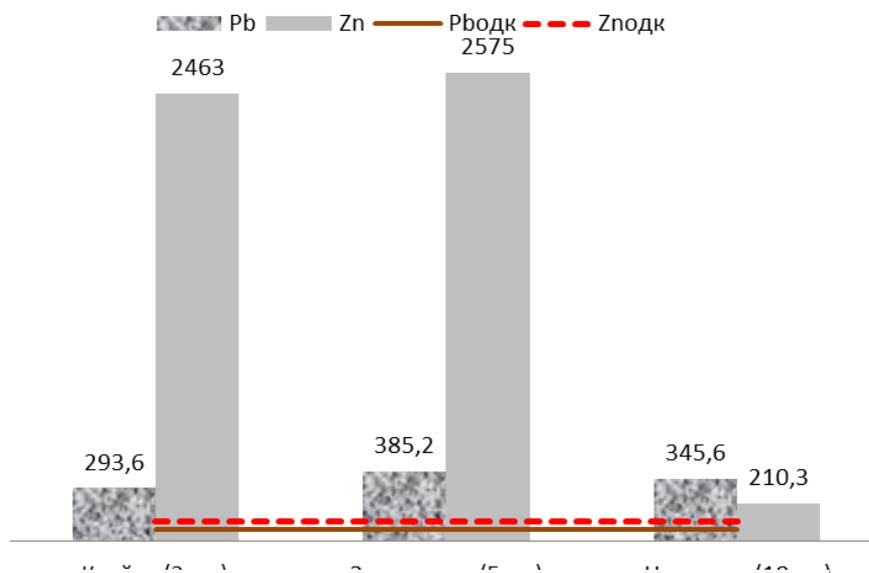


Рис.2 – Характеристика химического загрязнения почв района проведения работ  
почв района проведения работ

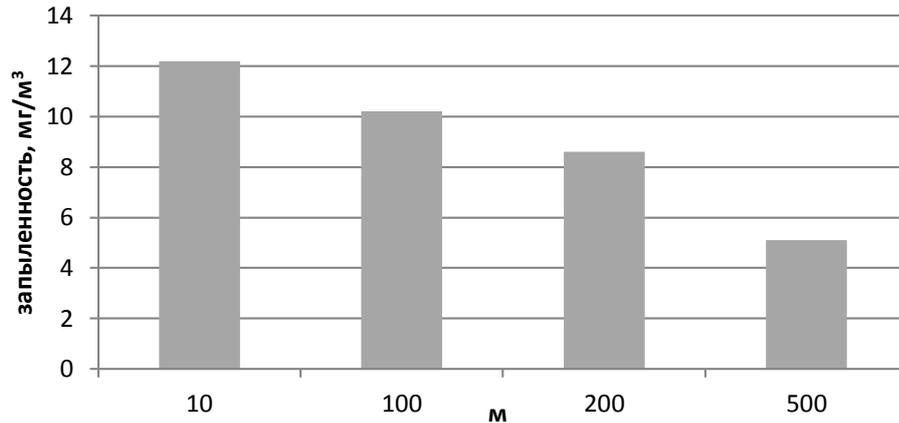


Рис.3 – Запыленность воздуха в районе хвостохранилища

Существующие методики оценки экологических рисков и управления ими ориентированы преимущественно на доминирующие факторы. При анализе рисков возобновления работы рассматриваемого рудника доминирующими факторами риска является изъятие земельных ресурсов, загрязнение растительного покрова при транспортировке руды, загрязнение ручья Буби-ком-дон при сбросе в него дренажных вод, а также пыление с поверхности отвалов и хвостохранилища.

*Прогнозируемое воздействие Квайсинского рудника на ОС (табл. 3).*

Основными источниками воздействия на окружающую среду будут являться:

- промплощадки штолен 85<sup>бис</sup>, 86<sup>бис</sup>, 87 и 89;
- прокладка инженерных коммуникаций (линии электропередач, канализации шахтных вод);
- организация отвалов вскрышных пород у штолен;
- монтажные и пуско-наладочные работы, разгрузка оборудования;
- эксплуатация подземных выработок (механическое загрязнение пылевыми выбросами при проветривании шахты, погрузочно-разгрузочных работах);
- работа автотранспорта (выбросы вредных веществ и пыли, разливы горюче-смазочных материалов (ГСМ), загрязнение территории строительным и бытовым мусором).

Прямое воздействие этих источников вызовет дополнительные нарушения почвенного и растительного покрова, изменение ландшафта местности. Также прямое воздействие может выражаться в виде деформации земельных участков (сдвигения поверхностей).

Основными загрязняющими веществами для водной среды будут взвешенные вещества, нефтепродукты, соединения азота. Наличие взвешенных веществ в сбрасываемых водах связано с образованием мелкодисперсных частиц при разрушении горной массы при буровзрывных работах. Попадание нефтепродуктов происходит в результате смыва с поверхности проливов ГМС. Повышенные концентрации соединений азота относительно фоновых связаны с поступлением в сточные воды продуктов буровзрывных работ.

От источников выбросов предприятия в атмосферу будет выделяться 10 наименований загрязняющих веществ, относящихся ко II – IV классам опасности, в том числе 3 твердых, 7 жидких/газообразных и 2 группы веществ, обладающих эффектом суммации (табл. 4).

**Оценка предполагаемой степени воздействия на ОС  
при возобновлении работ на Квайсинском руднике**

Стадии реализации проекта	Компоненты среды, подверженные воздействию																	
	Физическая среда			Биологическая среда						Социальная и социально-экономическая среда								
	Атмосфера	Геологическая среда	Поверхностные воды	Почвы и наземная растительность	Беспозвоночные	Рыбы	Амфибии и Рептилии	Млекопитающие	Птицы	ООПТ	Землепользование, в т.ч. сельское хозяйство	Транспорт	Лесное хозяйство	Охота	Занятость населения	Туризм и отдых	Санитарно-эпидемиологическая обстановка	Историко-культурное наследие
Расчистка территории	√		√	√√	√	√	√	√	√	√√	√√	√	√	√	√			
Строительство (реконструкция) производственных мощностей	√√	√	√√	√	√	√	√	√√	√√	√√	√	√√		√	√	√	√	
Эксплуатация	√√	√√	√	√√				√	√	√	√		√	√		√	√	

√ - умеренное или незначительное воздействие, √√ - относительно сильное или существенное воздействие

Таблица 4

**Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу**

Код	Наименование вещества	Использованный критерий	Значение критерия, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Выброс вещества, г/с	Выброс вещества, т/год
301	Азот (IV) оксид (Азота диоксид)	ПДК м/р	0,0850000	2	0,438618024	7,65142118
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,4000000	3	0,49576813	14,5492568
328	Углерод черный (Сажа)	ПДК м/р	0,1500000	3	0,01000376	0,162565
330	Сера диоксид	ПДК м/р	0,5000000	3	0,00854165	0,3180606
337	Углерод оксид	ПДК м/р	5,0000000	4	2,4865087	63,071216
2732	Керосин	ОБУВ	1,2000000		0,06883474	0,4947592
2754	Углеводороды предельные C1-C5	ПДК м/р	50,00000000		0,01235	0,0463528
2902	Взвешенные вещества	ПДК м/р	0,5000000	3	0,0000364	0,000183456
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO <sub>2</sub>	ПДК м/р	0,3000000	3	0,20681856	8,66752718
2930	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	ОБУВ	0,0400000	2	0,0000676	0,000340704
Всего веществ: 10						
В том числе твердых: 3						
Жидких/газообразных: 7						
Группы веществ, обладающих эффектом суммации:						
6009	2(301)(330)					
6046	2(337)(2908)					

Вследствие косвенного воздействия от возобновления работ на участке могут возникнуть следующие негативные факторы:

- загрязнение атмосферного воздуха, почвенного и растительного покрова выбросами вредных веществ и пыли;
- загрязнение почвенного покрова разливами ГСМ;
- загрязнение территории строительным и бытовым мусором;
- ухудшение условий произрастания растений и обитания диких животных;
- водная и ветровая эрозия почв.

Нарушение почвенно-растительного покрова даже на пологих склонах, как правило, инициирует активизацию склоновых и эрозионных процессов. Вместе с пылегазовыми выбросами это способствует увеличению твердого стока и загрязнению органоминеральными веществами близлежащих поверхностных вод, что снизит их качество.

Поскольку территория рассматриваемого участка практически полностью нарушена ввиду его более раннего интенсивного использования горнодобывающей промышленностью, отработка Вальхохского участка не окажет существенного воздействия на растительный и животный мир в рассматриваемом районе. Опосредованное влияние (через изменение питания растительности близлежащих участков) может произойти при образовании депрессионной воронки на месте добычи.

При разработке проекта возобновления работ на Квайсинском месторождении в целях минимализации рисков ухудшения состояния окружающей среды необходимо:

1. Рассмотреть различные варианты отработки месторождения (как с системой обрушения, так и с закладкой выработанного пространства с использованием собственных отходов предприятия), не приводящие к образованию депрессионной воронки на месте добычи.

2. Предусмотреть применение очистных сооружений, соответствующих европейским стандартам CEN (Comite Europeen de Normalisation) и удовлетворяющих европейским требованиям по качеству ISO 9002.

3. Проводить рекультивационные работы на отвалах сразу после окончания их формирования.

В этом случае можно прогнозировать, что возобновление добычи свинцово-цинковых руд и отработка Вальхохского участка не окажут существенного воздействия на экосистему района.

Экономическая оценка эффективности освоения запасов Квайсинского свинцово-цинкового месторождения проводилась согласно «Методическим рекомендациям по оценке эффективности инвестиционных проектов» [10] в ценах 2012 г., исходя из условий применения подземного способа разработки месторождения с последующим обрушением междукламерных и потолочных целиков и системой поэтажного обрушения с торцевым выпуском руды. Цены на свинцовый и цинковый концентраты принимались по результатам анализа динамики цен на Лондонской бирже металлов за последние 12 мес. на момент выполнения расчетов. Капитальные затраты определены как сумма средств, необходимых на восстановление и реконструкцию предприятия и его инфраструктуры, а также на оснащение оборудованием объектов подземного рудника и обогачительной фабрики. Себестоимость добычи и переработки рудной массы включает материальные затраты на производственные процессы, расходы на оплату труда работников, отчисления на социальное страхование, затраты на транспортировку, амортизационные отчисления, экологические платежи и т. д. Период оценки – 17 лет. Выполненные расчеты показали, что при предлагаемой технологии разработки и существующих ценах освоение месторождения является экономически целесообразным, поскольку чистый дисконтированный доход (ЧДД) имеет неотрицательное значение, срок окупаемости инвестиций составляет порядка девяти лет (рис. 4).

В целях выявления чувствительности проекта к эколого-экономическим рискам был выполнен комплекс исследований по их оценке. Производилась оценка экономической эффективности проекта при условии изменения платности и возмездности наносимого ущерба компонентам природной среды при разработке месторождения полезных ископаемых, а именно осуществлялся прогноз роста экологических платежей за загрязнение окружающей среды с последующей оценкой влияния на экономическую эффективность проекта. Необходимо отметить, что в общей структуре затрат предприятия на реализацию проекта экологические платежи при существующих ставках составляют не более 2 %, при увеличении ставок платежей они достигают 40 %. Зависимость изменения экономической эффективности проекта от эколого-экономических рисков представлена на рис. 4.

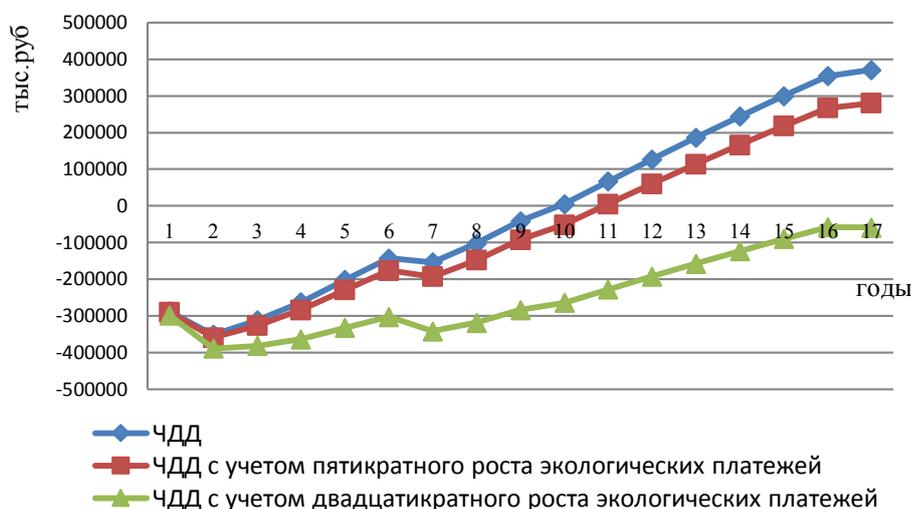


Рис. 4 - Поток денежных средств за расчетный период

Выполненные исследования показали, что при предлагаемом способе и системах разработки месторождения проект имеет высокую чувствительность к изменению эколого-экономических рисков. Так, при росте экологических платежей в пять раз чистый дисконтированный доход снижается на 24 %, а при двадцатикратном росте имеет отрицательное значение, при этом срок окупаемости в первом случае снижается до 11 лет, а во втором случае проект финансово неосуществим. Таким образом, можно говорить о том, что при существующей стратегии освоения Квайсинского месторождения проект является финансово неустойчивым к воздействию эколого-экономических рисков фискального характера.

### Литература

1. Дзайнуков А. Б. Обоснование необходимости создания Квайсинского горно-промышленного комплекса / А. Б. Дзайнуков, В. Г. Дзеранов, Б. Р. Кусов // Вестник Владикавказского научного центра. - 2010. - Том 10, №1. - С.43-53.
2. Пояснительная записка по производственной ситуации на Квайсинском рудоправлении Республики Южная Осетия / УГМК-Холдинг. - Верхняя Пышма, 2004.
3. Кокоев В.Т. Влияние техногенных факторов на экосистемы (на примере Квайсинского месторождения): дис. ... канд. техн. наук / В. Т. Кокоев; РУДН. - М., 2001. - 138 с.
4. Яковлев С. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами в районе горнодобывающих объектов / С. Н. Яковлев, В. Т. Кокоев // Горный информ.-аналит. бюл. -. 2005. - №5. - С. 318-319.

5. Кокоев В. Т.. Зависимость стабильности окружающей среды от взаимодействия техногенных и природных факторов (на примере Квайсинского рудника) / Кокоев В. Т., В. А. Бочаров // Горный информ.-аналит. бюл. - 2005.- №1. – С. 17 -19.
6. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов:. Приказ Госкомрыболовства РФ от 28.04.99 г. № 96.
7. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды /НИИ Атмосфера. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.,2000.
8. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий / Госкомгидромет. – Л.: Изд-во Гидрометеоиздат,1987. – 92с.
9. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. - СПб.,2005.
10. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция): утв. М-вом экономики РФ, М-вом финансов, ГК по строительству, архит. и жил.политике № ВК 477 от 21.06.1999. - М.: Экономика, 2000. – 424 с.
11. Выбор варианта вскрытия подземных запасов при комбинированной разработке месторождений на основе экономико-математического моделирования / И. В. Соколов, Ю. Г. Антипин, А. А. Смирнов, И. В. Никитин // Горный информ.- аналит. бюл.- 2013. - № 9. - С. 357–362.