
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА ОЛОВОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА¹

Л.Т. Крупская, Н.И. Грехнев

Лаборатория экологических проблем освоения минеральных ресурсов
Институт горного дела ДВО РАН
ул. Тургенева, 51, Хабаровск, Россия, 680000

В.П. Зверева

Лаборатория минералогии
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН
2 пр. 100 лет Владивостоку, 159, Владивосток, Россия, 690022

А.Г. Новороцкая

Лаборатория гидроэкологии и биогеохимии
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
ул. Ким Ю Чена, 65, Хабаровск, Россия, 680063

А.М. Дербенцева

Кафедра почвоведения и экологии почв
Академия морской биологии и биотехнологии
Дальневосточного государственного университета
ул. Суханова, 8, Владивосток, Россия, 690600

В.Т. Старожилов

Кафедра физической географии
Академия морской биологии и биотехнологии
Дальневосточного государственного университета
ул. Суханова, 8, Владивосток, Россия, 690600

В статье рассматриваются результаты исследований, направленные на выявление источников экологического риска. Разработаны научные основы обеспечения экологической и социальной безопасности горного производства и мероприятия, позволяющие снизить риск возникновения кризисных экологических ситуаций на горном предприятии.

Ключевые слова: экологический риск, хвостохранилище, источник загрязнения, экологическая и социальная безопасность, горное производство.

В рамках поиска общей концепции совместного и бесконфликтного развития техно- и биосферы особую актуальность приобретает проблема устранения причин возникновения экологической опасности. Высокий уровень экологического риска деятельности горного объекта ведет к снижению эффективности горнодобывающей отрасли. Однако изучению экологического риска до сих пор уделялось недостаточно внимания, поэтому остается множество нерешенных задач и проблем, связанных с его оценкой и управлением. Так, отсутствует достоверная стати-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта ДВО РАН № 09-2-СО-08-008 (№ 122).

стика по экологическим авариям, нет системы распределения горных предприятий по уровню экологической безопасности. Актуальность настоящего исследования определяется не только комплексом существующих проблем при оценке риска деятельности горного предприятия, но и отсутствием научно обоснованной системы управления экологическим риском. С развитием в России рыночных отношений управление риском приобретает существенную значимость, так как возрастает влияние фактора неопределенности условий и процессов деятельности горного предприятия для принятия правильных управленческих решений. Однако отставание науки от познания общих закономерностей, их региональной специфики резко отрицательно сказывается на устойчивом развитии ключевой в Дальневосточном регионе горнодобывающей отрасли. В связи с этим целью исследования явилась разработка научных основ обеспечения экологической безопасности источников экологического риска на горных предприятиях. Исходя из этого определены следующие задачи: 1) анализ, обобщение и систематизация литературных данных и материалов патентного поиска по названной проблеме; 2) выявление основных источников экологического риска на горном предприятии; 3) разработка классификации рисков горных предприятий; 4) разработка принципов и предложений по обеспечению экологической и социальной безопасности источников риска на горном объекте.

Анализ и систематизация литературных данных об экологическом риске свидетельствуют о том, что до сих пор нет единого подхода к определению понятия «экологический риск» [1—9]. Отсутствует достоверная статистическая информация об источниках негативного влияния, нет системы сравнительной характеристики горных предприятий по уровню экологической опасности, не созданы основы оценки экологического риска и управления им, не обоснованы место и роль регионального горно-экологического мониторинга природно-горнотехнических систем в оценке и управлении экологическими рисками. Непосредственными объектами техногенного загрязнения служат воды, почвы, атмосферный воздух, растительные и животные организмы, микроорганизмы, а также человек. Среди экологических причин техногенного загрязнения выделяются следующие: размещение объектов, экологически несовместимых с природным комплексом; ошибочная оценка экологических последствий преобразования природных ландшафтов в процессе освоения полезных ископаемых. Условиями возникновения риска от загрязнения, например, атмосферного воздуха являются: наличие источников риска, в том числе характеризующихся вредной для человека и биоты концентрацией загрязняющего вещества, пребывание их в зоне влияния и наличие путей передачи вредного воздействия от источника к живому организму.

Важным этапом является выделение приоритетных объектов источников риска возникновения кризисных ситуаций. На основе анализа, обобщения и систематизации литературных данных, а также собственных исследований объектов горного производства, расположенных на юге Дальнего Востока, нами выявлены следующие основные факторы, влияющие на повышение вероятности возникновения экологического риска их деятельности и разработана классификация техногенных источников: 1) наличие источника негативного воздействия на компоненты биосферы в виде загрязняющих и токсичных элементов химических соединений, со-

держатся в отходах (газообразных, жидких, твердых); 2) высокая отходоёмкость предприятия и превышение объемов отходов экологическому потенциалу природных систем; 3) особенности биоклиматических и орографических условий функционирования предприятия, а также экологическая ёмкость; 4) степень износа оборудования, влияющая на вероятность возникновения аварий на горном объекте; 5) количество населения, проживающего вблизи горного предприятия; 6) степень освоенности территории; 7) отсутствие комплекса природоохранных мероприятий, в том числе осуществляемых в процессе горного производства, включая систему обеспечения надежности технологических цепочек, предотвращения аварий, оперативность горно-экологического мониторинга.

Собранная информация о влиянии горного производства на экосистемы [1—10], представляющем экологическую опасность, об оценке возможной величины ущерба от инженерных и технологических аварий позволила сделать вывод о том, что к числу основных источников создания кризисных ситуаций на горных предприятиях относятся: 1) хвостохранилища; шлихообогащительные установки и обогащительные фабрики, отстойники; 2) технологическое и транспортное оборудование, котельные ТЭЦ и отопительных систем; 3) использование взрывчатых материалов; 4) выпуски шахтных вод и жидких отходов, отходы обогащения и отвалы околорудных пород; 5) сушильные установки и аспирационные системы обогащительных фабрик; 6) породные отвалы; 7) вентиляционные системы обогащительных фабрик и плавильных цехов; 8) дражные полигоны (рис.).

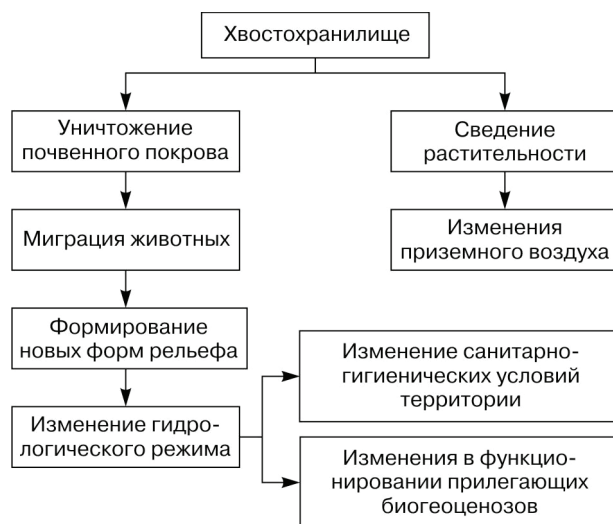


Рис. Влияние хвостохранилища на компоненты природной среды

На основе комплексного анализа было установлено, что эколого-санитарное состояние горняцких поселков, расположенных на юге Дальнего Востока, связано с накоплением в огромном объеме токсичных отходов горного производства в хвостохранилищах. Только в п. Солнечный их количество составляет более 16 млн м³, а на предприятии ЗАО «Многовершинное» — свыше 5 млн м³. Их химический состав представлен оловом, медью, цинком, кадмием, никелем, хромом, цинком,

свинцом, мышьяком и др. токсикантами. Биогеохимическое изучение компонентов биосферы в зоне влияния этого техногенного объекта позволяет утверждать, что названные металлы глубоко вовлечены в геохимический круговорот. Образующиеся ореолы и потоки загрязняющих веществ распространяются природными миграционными механизмами. Негативное техногенное их воздействие на атмо-, био-, гео- и гидросферу способствует накоплению в трофических цепях рудных и токсичных элементов [6—8]. Опасность отходов горного производства для живых организмов определяется не столько валовым содержанием токсичных химических элементов, сколько их содержанием в подвижной водно-растворимой форме. Установлено, что здесь возникли локальные очаги с повышенными концентрациями таких элементов, как свинец, кадмий, кобальт, сурьма, висмут, ртуть, олово, ванадий, мышьяк, что не связано с естественными выходами рудных месторождений, а имеет, по-видимому, техногенное происхождение. Исследования 2005—2008 гг. снежного покрова (СП), проб воды (табл.), почвы и растительности в зоне влияния хвостохранилища ОАО «Солнечный ГОК» позволили выявить значительное содержание в них токсичных элементов.

**Результаты анализа проб вод на содержание тяжелых металлов
(в зоне влияния оловодобывающего предприятия)**

Таблица

(мкг/дм³)

№ пробы	Место отбора	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Sn	Sb	Hg	Pb	Bi
1с	Р. Холдоми ниже отстойников, 500 м, в 1 км от № 5с	84,53	<0,001	1,09	2,73	144,84	386,92	4,21	1,51	<0,001	0,62	<0,001	<0,001	<0,001
2с	Р. Холдоми, в 2 км ниже предыдущей	<0,001	<0,001	<0,001	0,85	22,12	150,61	2,33	0,59	<0,001	0,43	<0,001	<0,001	<0,001
3с	Р. Холдоми, в 5 км ниже от предыдущей	<0,001	<0,001	<0,001	0,85	<0,001	125,35	2,90	0,42	<0,001	0,65	<0,001	<0,001	<0,001
4с	Перед хвостохранилищем, карьер к западу	<0,001	<0,001	<0,001	0,17	<0,001	<0,001	2,50	<0,001	<0,001	0,12	<0,001	<0,001	<0,001
5с	Рудник «Молодежный», шахтная вода	7134,07	1153,60	187,89	52,01	21082,20	4466,43	45,81	27,14	<0,001	0,34	<0,001	1,51	<0,001
6с	Р. Холдоми, в 20 км от пос. Солнечный (на север) (фон)	4,21	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	3,03	<0,001	<0,001	0,35	<0,001	<0,001	<0,001

Окончание таблицы

№ пробы	Место отбора	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Sn	Sb	Hg	Pb	Bi
7с	Слияние р. Холдоми и р. Силлинка, в 200 м	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	5,31	0,72	<0,001	<0,001	0,10	<0,001	<0,001	<0,001
8с	Р. Правая Силлинка, в 800 м ⁻¹ км от предыдущей (под мостом)	36,10	7,09	0,22	0,28	<0,001	7,34	2,73	<0,001	<0,001	0,28	<0,001	<0,001	<0,001
9с	В 100 м от слияния Лев. и Правой Силлинки, в 1 км от хвостохранилища, ниже по течению	16,14	32,91	<0,001	0,68	<0,001	46,33	3,17	0,03	<0,001	0,43	<0,001	<0,001	<0,001
10с	Р. Силлинка, пост ГИБДД автодорога Комсомольск-Солнечный	66,51	<0,001	0,17	0,75	<0,001	296,69	2,36	1,13	0,82	2,16	<0,001	<0,001	<0,001
	ПДК _{вр}	Mn ²⁺ 10	100	10	10	1	10	50	5	112	—	0,001	6	—

Загрязненными оказались практически все среды обитания. Величина рН СП — 4,44—5,66 (среднее 4,92) и 5,85—6,96 (6,21); УЭП (удельная электропроводность) — 11,0—31,2 (21,6) и 14,0—41,2 (28,8) мкСм/см; минерализация — 18,2—34,7 (25,2) и 14,5—27,6 (21,2) мг/дм³; содержание взвешенных веществ (ВВ) — 882,2—7404,1 (2154,1) и 59,3—9582,4 (3030,8) мг/дм³. Среднее поступление веществ в СП (т/км²·сезон): растворимых минеральных составило 2,172, органических (по величине перманганатной окисляемости, мг О/дм³) — 0,636, сульфат-ионов — 0,711, нитрат-ионов — 0,051, ионов аммония — 0,058, взвешенных веществ — 278,619 (2033,72 мг/м²·сут⁻¹). Величина рН СП почти во всех случаях ниже ПДК временной (сдвиг в сторону закисления). Отмечено превышение ПДК_{вр} по содержанию ионов аммония (максимально 2 раза). Максимальная пылевая нагрузка на исследуемую территорию составила 1293,624 (т/км²·сезон) или 9442,51 мг/м²·сут⁻¹. Выявлено, что подвижные формы токсичных элементов (цинка, свинца, меди, кадмия и др.) мигрируют по цепи «почва — растительность — животные — человек» и провоцируют различные заболевания местного населения [10]. В ре-

зультате дренажных стоков и жидких выбросов донные осадки и воды р. Лев. Силка, например, ниже выпуска рудника «Солнечный» и центральной обогатительной фабрики (ЦОФ), характеризуются аномальными потоками тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия и др.), превышающими фоновые содержания по меди в 5,5 раза (70 ПДК), цинку — в 2,2 раза, свинцу — в 1,3 раза. Наибольшее загрязнение при этом отмечается на участке реки между пос. Горный и Холдоми, дренирующими объектами Солнечного ГОКа. Они относятся к наиболее загрязненным в Хабаровском крае и имеют VI—VII класс загрязнения [9]. Наряду с промышленными отходами большое значение имеет миграция химических элементов и их соединений в результате сложных физико-химических процессов преобразования минералов и горных пород, протекающих в зоне гипергенеза, т.е. в приповерхностной части литосферы в условиях повышенной обводненности и аэрации.

Результатом негативного влияния источников экологического риска на экосистемы и здоровье населения горняцких поселков является не только снижение продуктивности земельных угодий и ценности ландшафта и видового разнообразия растений, но появление экологически обусловленных заболеваний и увеличение заболеваемости людей [10].

Статистический анализ деятельности горных предприятий позволил установить, что основной причиной, влияющей на возникновение экологического риска в процессе освоения твердых полезных ископаемых, является токсичность образующихся при этом веществ. Наибольший риск и опасность представляет аварийное загрязнение объектов природной среды, многократно превышающее допустимую норму. Их разрушение наносит не только убытки горному предприятию, но и связано с угрозой жизни людей.

Изучение факторов, влияющих на повышение вероятности возникновения кризисных экологических ситуаций, позволило предложить следующую классификацию рисков горных предприятий:

1. **Производственные риски:** экономические; технологические, организационные, экологические. Экологические риски представлены: риском загрязнения окружающей среды в пределах и за пределами горного предприятия, риском случайного аварийного загрязнения, риском при транспортировке опасных загрязняющих веществ, бюрократическим риском, связанным с получением разрешения, риском получения штрафов, начисления платежей за загрязнение объектов природной среды.

2. **Непроизводственные риски:** юридические, кредитные, социально-политические.

Любой из этих рисков в условиях горных предприятий юга Дальнего Востока влечет за собой следующие проблемы: 1) снижение качества среды обитания человека и биоты; 2) издержки на ликвидацию техногенных загрязнений и его последствий; 3) снижение рентабельности из-за издержек на достижение технологических решений соответствия природоохранным нормам или увеличение выплат за загрязнение окружающей среды; 4) трудности, связанные с утверждением проекта и его согласованием; 5) недовольство общественности в связи с некорректным решением экологических проблем, связанных с горным производством;

6) ответственность за качество среды обитания и охрану здоровья работников предприятия и соблюдение техники безопасности (например, требования компенсации); 7) несоответствие международным стандартам; 8) судебные тяжбы по решению экологических проблем и др.

В связи с этим возникает необходимость в разработке принципов, концепции, технических и технологических решений, направленных на обеспечение экологической безопасности источников риска. Обеспечить снижение риска возникновения кризисных экологических ситуаций и нормальное функционирование техногенных горных объектов позволит соблюдение предложенных нами следующих принципов:

— рациональной безопасности как необходимости максимально возможного экономически оправданного снижения вероятности возникновения чрезвычайных экологических ситуаций и масштабов их последствий;

— сохранения важнейшего элемента качества жизни — благоприятной окружающей среды для биоты и здоровья населения горняцкого поселка;

— учета различных естественных опасностей и техногенного воздействия (принцип сбалансированного риска);

— анализа соотношений «затраты—риск», «выгода—риск», «затраты—выгода» (принцип приемлемого риска). В международной практике этот принцип известен как принцип ALARA (As Low Reasonable Achievable), т.е. настолько низко, насколько это достижимо в разумных пределах.

Разработаны следующие предложения, направленные на снижение негативного воздействия источников экологического риска на компоненты природной среды, здоровье населения горняцких поселков в Хабаровском крае: разработка Программы экологической безопасности районов освоения минерального сырья; организация горно-экологического мониторинга за изменением сред обитания в зоне влияния горного объекта; создание базы данных отходов горного производства; повышение комплексности и проведение рекультивации природной среды; усовершенствование законодательной базы и ужесточение контроля в области охраны окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Измалков В.И., Измалков А.В.* Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. — СПб.: НИЦЭБ РАН, 1998.
- [2] *Пашкевич М.А.* Техногенные массивы и их воздействия на окружающую среду. — СПб.: Санкт-Петербургский горный институт, 2000.
- [3] Концепция Государственной стратегии обеспечения экологической безопасности освоения недр. — М.: ИПКОН РАН, 1997.
- [4] *Трубейкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И.* Стратегия совместного развития природы и общества // Вестник РАН. — 1998. — Т. 68. — № 11. — С. 935—948.
- [5] *Грехнев Н.И.* Основные принципы формирования экологической политики недропользования в Дальневосточном регионе // Горный журнал. — 2006. — № 3. — С. 32—36.
- [6] *Грехнев Н.И., Секисов Г.В.* Основные проблемы и пути повышения экологичности перерабатывающих рудоминеральных производств // Горн. информ.-анал. бюл. — 2008. — № 5. — С. 216—220.
- [7] *Крупская Л.Т., Саксин Б.Г., Ивлев А.М. и др.* Оценка трансформации экосистем под воздействием горного производства на юге Дальнего Востока. — Хабаровск: ХГТУ, 2001.

- [8] *Саксин Б.Г., Крупская Л.Т., Ивлев А.М.* Региональная экология горного производства. — Хабаровск: Приамурское географ. об-во, 2001.
- [9] *Крупская Л.Т., Грехнев Н.И., Саксин Б.Г. и др.* Повышение комплексности освоения минерального сырья как главный аспект охраны окружающей природной среды в горнодобывающих районах Российской части Дальнего Востока (на примере Солнечного ГОКа) / Научно-техническое обеспечение горного производства — Алматы: Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, 2006. — С. 197—203.
- [10] *Растанина Н.К., Крупская Л.Т.* О роли экологических факторов в изучении здоровья населения горняцких поселков на юге Дальнего Востока // *Экология и промышленность России*. — 2008. — С. 56—57.

ECOLOGICAL SAFETY MAINTENANCE OF ECOLOGICAL RISK SOURCES AT THE CASED TIN ENTERPRISES OF THE FAR EAST SOUTH

L.T. Krupskaja, N.I. Grehnev

Laboratory of environmental problems of mineral resources development
Institute of mining of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
Turgenev's str., 51, Khabarovsk, Russia, 680000

V.P. Zvereva

Mineralogy laboratory, Far East geological institute of the Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences
2 Avenue of 100 years to Vladivostok, 159, Vladivostok, Russia, 690022

A.G. Novorotskaja

Hydroecology and biogeochemistry laboratory
Institute of water and environmental problems of the Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences
Kim U Chen's str., 65, Khabarovsk, Russia, 680063

A.M. Derbentseva

Department of soil science and ecology of soils and department of physical geography
Academy of sea biology and biotechnology of the Far Eastern State University
Sukhanov's str., 8, Vladivostok, Russia, 690600

V.T. Starozhilov

Department of physical geography
Academy of sea biology and biotechnology of the Far Eastern State University
Sukhanov's str., 8, Vladivostok, Russia, 690600

In the article the results of researches directed on revealing of ecological risk sources are considered. Scientific bases of maintenance of ecological and social safety of mountain manufacture and the actions, allowing to lower risk of occurrence of crisis ecological situations at the mountain enterprise are developed.

Key words: ecologic risk, tailings dump, source of pollution, ecological and social safety, mountain manufacture.