

**Е.А. Чумаченко, Л.Т. Крупская**

**К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОСВОЕНИЯ  
ТЕХНОГЕННЫХ ЗОЛОТОРОССЫПНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ  
КЕРБИНСКОГО ПРИИСКА)**

Семинар № 8

Экологическая безопасность является основной составляющей концепции устойчивого развития, принятой в качестве главного документа Конференцией ООН по окружающей среде. Она предполагает проведение эколого-ресурсной и социально-экономической политики, обеспечивающей гармоничное развитие биосферы и общества и удовлетворение потребностей населения в разнообразных ресурсах без изменения интересов будущих поколений. Однако нерациональное освоение месторождений полезных ископаемых на Дальнем Востоке, большие потери первичного сырья при их добыче и переработке, образование и накопление огромного количества отходов горного производства способствовало уничтожению почвенно-растительных комплексов, химическому загрязнению почвенного покрова, поверхностных и подземных вод, биоты за счет возникающих вторичных (техногенных) геохимических аномалий и потоков рассеяния загрязняющих веществ. Негативное воздействие на окружающую среду здесь уже достигло уровня, превышающего восстановительные силы природы [1-6; 10; 12].

В связи с этим целью исследования явилась разработка мероприятий по

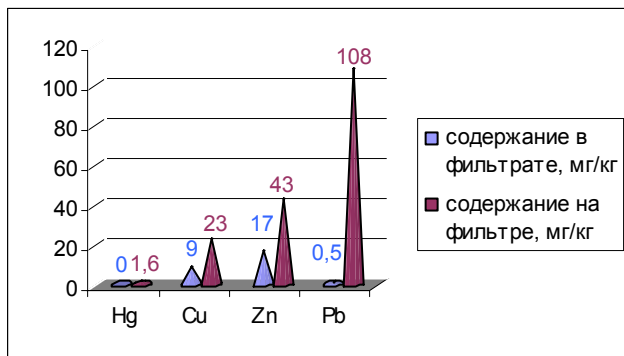
обеспечению экологической безопасности процессов освоения техногенных россыпных месторождений золота. Исходя из цели, определены следующие задачи:

1. Анализ, обобщение и систематизация литературных данных по названной проблеме;

2. Оценка экологического состояния почвенно-растительного покрова в зоне влияния горного предприятия;

3. Разработка предложений по снижению техногенного загрязнения компонентов окружающей среды в районах золотодобычи.

Исследования проводились с 2004 по 2007 гг. на территории Хабаровского края (р-н П. Осипенко), где добывалось россыпное золото. Методологической основой исследований послужило учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере. В качестве модельных объектов выбирались площади с разной степенью нарушенности. Главным и определяющим методом изучения явился системно-комплексный. В процессе решения проблемы использовались возможности Internet. Проводилось комплексное опробование речной сети с отбором проб воды, донных отложений, почвогрунтов и биоты. Отбор



**Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в снежном покрове зоны влияния ШОУ**

проб осуществлялся также радиальным методом: в центре шлюхообогащительной установки (ШОУ), а также на расстоянии 100 м и 300 м от центра по сторонам света (север, восток, юг, запад). Почвогрунты отбирались с двух глубин (0–10 см; 10–20 см). Образцы почвогрунтов, растительности анализировались с использованием современных инструментальных и традиционных химических методов. Валовая форма тяжелых металлов определялась на ISP, подвижные формы тяжелых металлов - на атомно-абсорбционном спектрофотометре, а ртуть - на анализаторе «Юлия-2К».

Анализ литературных данных показывает, что для горнодобывающей промышленности характерно образование и складирование значительного объема минеральных отходов, которые являются источниками образующихся вторичных (техногенных) потоков [1-5]. Установлено, что о составе потоков загрязняющих веществ можно судить по наличию в рудах элементов-спутников. В отходах Кербинского прииска присутствует несколько минеральных ассоциаций: гранат – магнетит – ильменитовая, золото-кварцевая, вольфрамитовая [6]. Главными минералами являются: вольфрамит, ильменит, магнетит, гранат, гематит. Широко распространен лимонит. Второстепенное значение

имеют: касситерит, арсениопирит, галенит, эпидот, циркон, пироксен.

Снежный покров является индикатором техногенного загрязнения.

Выявлено высокое содержание в нем Pb, Zn, Cu, Hg (рис. 1).

Результаты анализа почвогрунтов показывают, что разработка техногенного золотосодержащего минерального сырья способствует ускоренному техногенному их загрязнению. При сравнении концентрации тяжелых металлов в почвах (Ильин, 1991; Кларк, Вашингтон, 1924; Виноградов, 1962; Тейлор, 1964) и в почвогрунтах зоны влияния Кербинского прииска, было выявлено загрязнение исследуемых объектов такими металлами, как: Hg, Cu, Zn, Pb, Ni, Mn (табл. 1).

В них обнаружено значительное превышение ПДК ртути (в 58 раз), меди (в 1,09 раз), цинка (в 3,44 раза), свинца (в 4,84 раза), увеличение фоновой концентрации - ртути (в 1537 раз), меди (в 7,5раз), цинка (в 7,8 раз), свинца (в 12,6 раз), никеля (в 3,7 раз), марганца (в 3 раза).

Известно, что при оценке влияния деятельности человека важны сравнительные объемы валовых содержаний. Однако степень негативного воздействия тяжелых металлов на живые организмы определяется не столько валовым их количеством, сколько содержанием подвижных соединений, находящихся в почве (табл. 2, рис. 2).

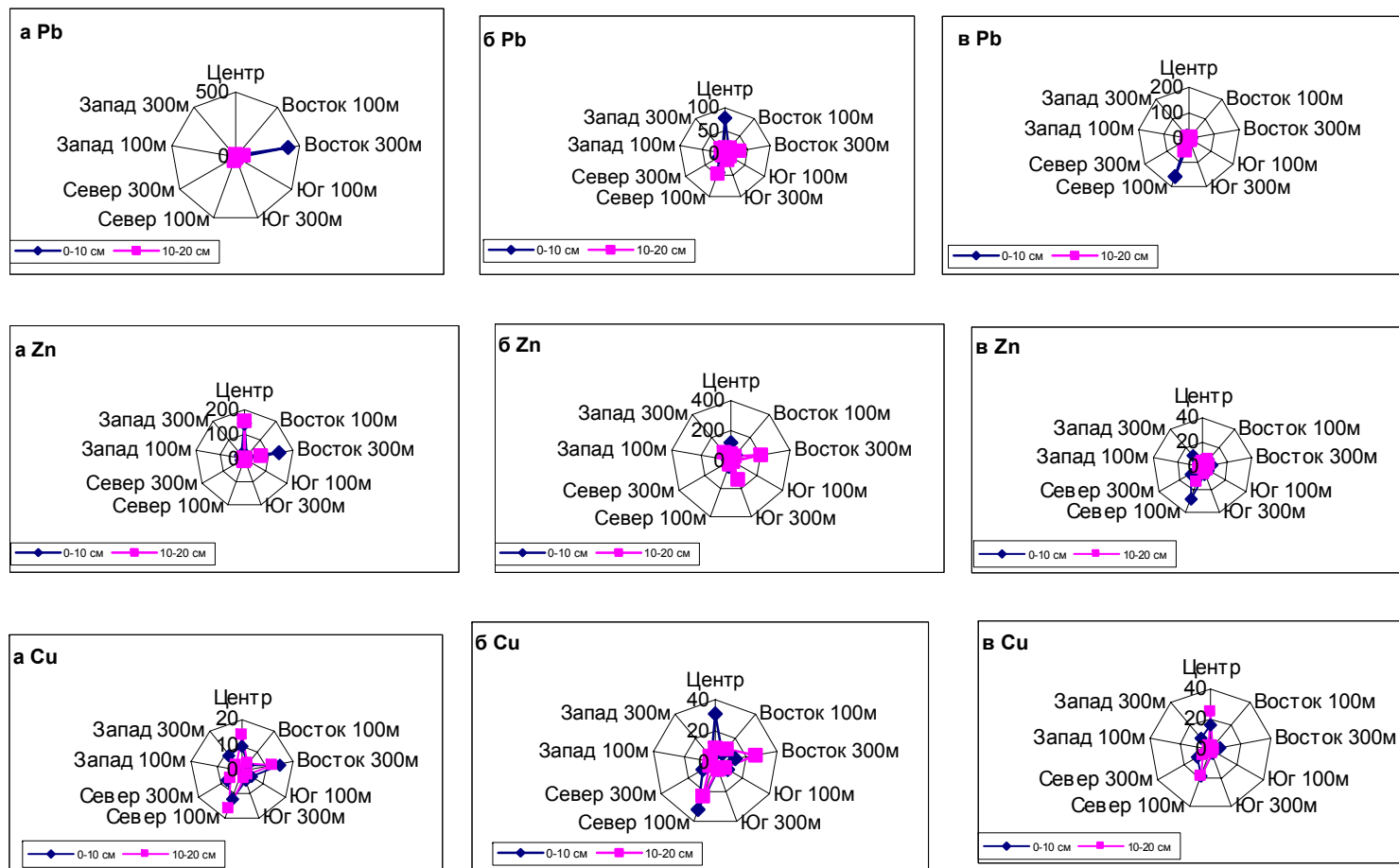
Анализ подвижных форм тяжелых металлов позволил выявить, что их показатели значительно превышают ПДК.

198 Таблица 1  
**Содержание тяжелых металлов в почвах зоны влияния Кербинского прииска и земной коре (по данным разных авторов)**

Тяжелые металлы	Зона влияния ШОУ (собственные исследования), мг/кг	ПДК	ФОН	Среднее содержание в почвах СССР (Ильин, 1991) [7]	Содержание в земной коре по Ф. Кларк, Г. Вашингтон, 1924 [8]	Содержание в земной коре по А.П. Виноградову, 1962 [8]	Содержание в земной коре по С. Тейлору, 1964[8]
Hg	0,01-123	2,1	0,06-0,08	—	0,1	0,083	0,08
Cu	2,51-59,89	55	7,47-7,91	19,5	100	47	55
Zn	9,18-344,92	100	44,16-54,4	51,9	40	83	70
Pb	2,31-145,2	30	11,52-12,25	11,6	20	16	12,5
Ni	1,8-24,5	85	6,4-6,5	46,5	180	58	75
Mn	21,02-944,55	1500	316,38-371,41	798	800	1000	950

Таблица 2  
**Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвогрунтах зоны влияния ШОУ Кербинского прииска**

	Тяжелые металлы, мг/кг				
	Cu	Zn	Pb	Ni	Mn
Зона влияния ШОУ	1,8-32	1,02-154	4,45-411	0,4-17	2,34-1245
ПДК	3	23	6	4	400
ФОН	3,5-5,4	1,9-3,5	3,3 - 7,4	н/о*	2,5-9,9
н/о* - не определялось					



**Рис. 2. Концентрация подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu) в почвогрунтах зоны влияния Кербинского прииска, мг/кг: а- 2005 г; б- 2006 г; в-2007 г.**

Таблица 3

**Концентрация тяжелых металлов в листьях растений, отобранных в зоне влияния Кербинского прииска**

Элемент	Концентрация в листьях растений Кербинского прииска, мг/кг	Концентрация, мг/кг[9]	
		Нормальная	Токсичная
Ag	0,01-9,11	0,5	5-10
Cd	0,01-2,54	0,05-0,2	5-30
Co	0,05-1,15	0,02-1	15-50
Cr	0,4-56,77	0,1-0,5	5-30
Cu	0,72-577	5-30	20-100
Mn	28,87-978,29	20-300	300-500
Mo	0,0012-4,24	0,2-1	10-50
Ni	0,38-28,73	0,1-5	10-100
Pb	0,14-838	0,5-10	30-300
Sb	0,0009-0,59	7-50	150
V	0,05-5,01	0,2-1,5	5-10
Zn	0,82-367	27-150	100-400
Hg	0,0005-2,25	0,001-0,1	—

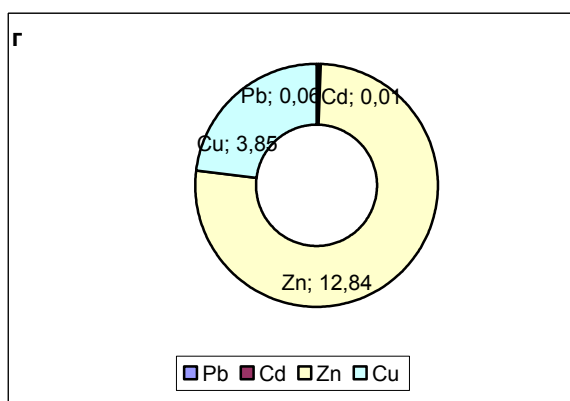
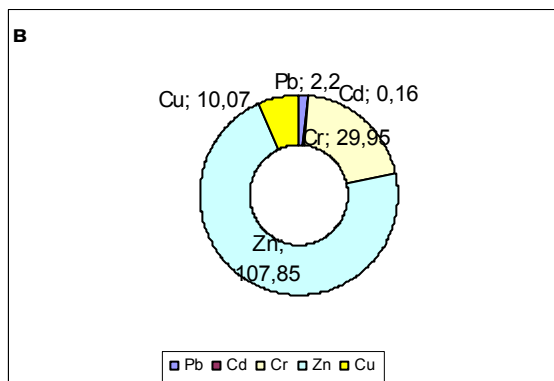
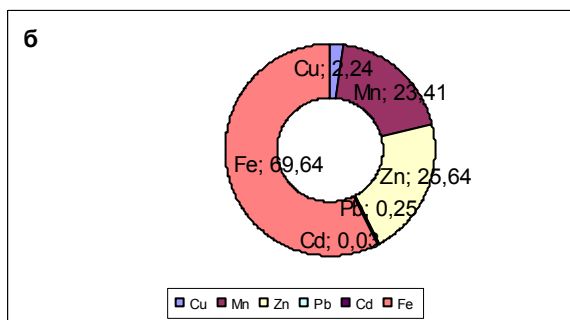
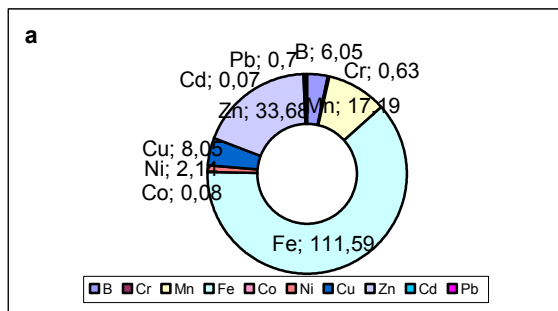
Главным критерием оценки экологического благополучия техногенных систем является состояние биоты. Известно, например, что ртуть способна биоаккумулироваться по пищевым цепям водных и наземных экосистем. Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что четко фиксируется накопление тяжелых металлов (свинца, меди, цинка, хрома и ртути) в растениях, произрастающих в зоне влияния ШОУ Кербинского прииска.

Установлено довольно значительное количество токсикантов (цинка, меди, хрома и др.) в сельскохозяйственных культурах (рис. 3), выращенных на отвалах ШОУ.

Вследствие использования в прошлом при обогащении золотосодержащих россыпей амальгамы ртути, произошло крупномасштабное загрязнение техногенной ртутью отвалов, почвогрунтов, растительности, представляющее наиболее существенную экологическую угрозу, прежде всего для биоты и жителей горняцких поселков. Выявлено накопление ртути во всех средах обитания. Корреляция интенсивности ртутного загрязнения с интенсивностью угнетения бактери-

ального комплекса в почвах, например, особенно наглядно продемонстрирована на примере опробования территории ШОУ по системе ортогональных профилей (рис. 4).

Таким образом, отвалы, почвы и растительность в зоне влияния горного предприятия весьма сильно загрязнены токсичными тяжелыми металлами и особенно ртутью. Для улучшения экологической обстановки и санитарно-гигиенических условий проживания населения в золотодобывающих районах необходима комплекс мероприятий. Однако на сегодняшний день в России и на Дальнем Востоке отсутствует система мероприятий по профилактике ртутной опасности, проводимых Правительством, министерствами, ведомствами и другими государственными структурами. Меры по защите окружающей среды от загрязнения ртутью носят фрагментарный и несистемный характер. Отсутствует координация действий и среди ведомств, работающих над этой проблемой. Несомненно возникает необходимость в разработке Федеральной Программы по ртутному загрязнению с государственной поддержкой и с целевым бюджетным финансированием.

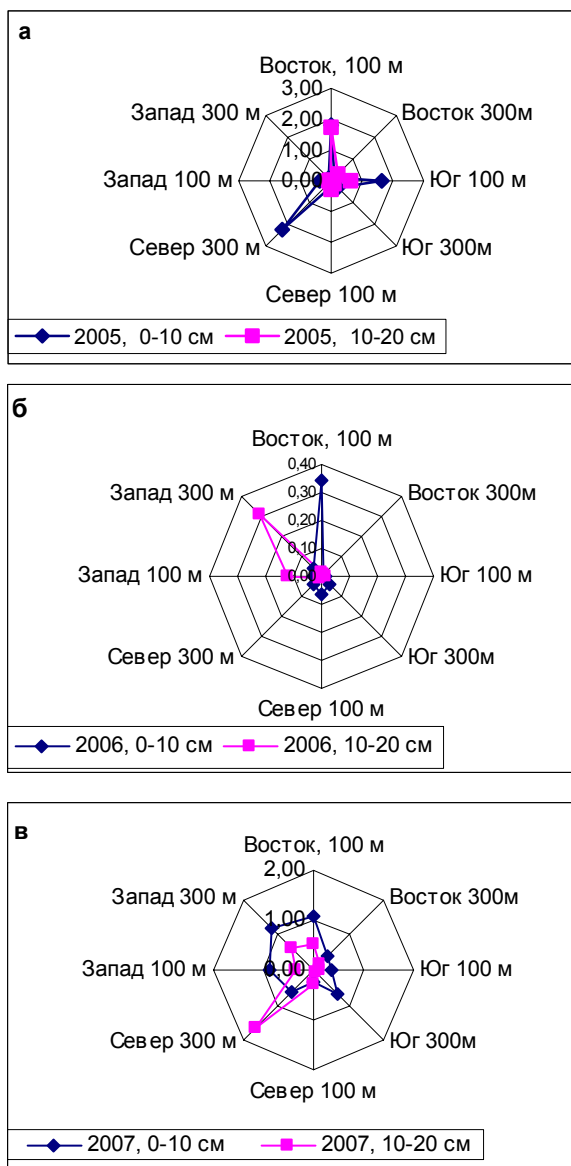


**Рис. 3. Концентрация тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции:**

А - томат; б - морковь; в - надземная часть картофеля; г - клубень картофеля

В связи со сложной экономической ситуацией выполнение региональных экологических программ такого характера в настоящее время весьма затруднительно. Кроме того, для решения проблемы ртутного загрязнения следует шире привлекать международную научную общественность, имеющую большой опыт работы на загрязненных техногенной ртутью площадях.

К сожалению, в настоящее время в Хабаровском крае начинается отработка техногенных россыпных месторождений, что способствует активизации техногенной ртутью и приводит к еще более опасному ртутному загрязнению природной среды за счет извлечения ранее захороненной ртути и переводу ее в активное состояние. Этот факт необходимо обязательно учитывать при выдаче лицензий на добычу золота из техногенных россыпей, отработанных ранее с использованием амальгамации золотосодержащего сырья. Кроме того, иногда дражные котлованы и водоемы-отстойники после завершения добычных работ служат местом для купания и используются в качестве прудов для разведе-



**Рис. 4. Содержание ртути в почвогрунтах, мг/кг: а - 2005 г; б - 2006 г; в - 2007 г.**

На наш взгляд, необходимо включение в программу комплекса мероприятий, а именно: медицинский, информационно-просветительский, технический, нормативно-правовой аспекты и, прежде всего, внедрение механизма рационального использования природных ресурсов. Основные задачи медико-биологических исследований заключаются в разработке организационных, гигиенических, токсикологических и клинических мер профилактики, выявление фонового уровня ртути в биологических средах, оформление разработок в виде нормативных документов. Конечной целью информационно-просветительской работы является экологическое просвещение, направленное на уменьшение опасности ртутного загрязнения и интоксикаций.

Для обеспечения экологической безопасности местного населения требуется составление детальных карт, основывающихся на комплексном анализе рассмотренных выше показателей и критериев. Они

необходимы для планирования экологически безопасного ведения горных добычных работ, а также разработки мероприятий по нераспространению существующих очагов ртутного загрязнения. Крайне важна организация мониторинга динамики ртутного загрязнения и формирование регионального банка данных.

дения рыбы, что способствует угрожающему загрязнению живых организмов. Поэтому при проектировании рекультивационных работ на отработанных участках рекомендуется организовать контроль за ртутным загрязнением техногенных водоемов, как впрочем, и другими токсичными металлами.

необходимы для планирования экологически безопасного ведения горных добычных работ, а также разработки мероприятий по нераспространению существующих очагов ртутного загрязнения. Крайне важна организация мониторинга динамики ртутного загрязнения и формирование регионального банка данных.

Анализ основной нормативной документации по определению ртутного загрязнения показал, что каждый документ имеет специализированный, узконаправленный характер. Считаем необходимым в каждом регионе: 1) разработать «Типовое положение о порядке переработки ртутьсодержащих отходов ШОУ» с четким распределением обязанностей и ответственности между исполнителями; 2) орга-

низовать очистку территории, загрязненной техногенной ртутью и при этом разработать экологические требования; 3) создать банк данных; 4) провести рекультивацию загрязненных тяжелыми металлами земель с использованием гуминовых препаратов; 5) доработать в соответствии со спецификой «ртутной» проблемы экономический механизм охраны окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грехнев Н.И. Недропользование и формирование экологической политики в Дальневосточном регионе // Горный информационно-аналитический бюллетень. Региональное приложение: Дальний Восток. 2005. - С. 505-513.
2. Протасов В.Ф., Воробьев А.Г. Экологические проблемы в стратегии устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса России // Горный журнал, №9, 2006. - С. 73-76.
3. Крупская Л.Т., Саксин Б.Г. и др. Оценка трансформации экосистем под воздействием горного производства на юге Дальнего Востока. Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2001. - 192 с.
4. Ивлев А.М., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М. Техногенное разрушение почв и их восстановление: Учеб пособие / Науч ред. Н.М. Костенков. Владивосток: изд-во дальневост. ун-та, 1998. - 68 с.
5. Пучков Л.А., Воробьев А.Е. Человек и биосфера: вхождение в техносферу: Учебник для вузов. - М Изд-во МГТУ, 200. - 342 с.
6. Крупская Л.Т., Бондаренко Е., Мирошниченко Е., Ершов М., Биткина Т., Чумаченко Е.А. Отходы горного производства как основной источник загрязнения экосистем на юге ДВ // Проблемы экологии рационального природопользования и безопасности жизнедеятельности: юбил. сборник студ. работ, посвященный 30-летию кафедры «Экологии и БЖД», ДВЛТИ, 2005. - С. 10-17.
7. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 151 с.
8. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. - М.: Наука, 1990. 142 с.
9. Черных Н.А., Сидоренко С.Н. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. Монография - М.: Изд-во РУДН, 2003. - 430 с.
10. Трубешкой К.Н., Воробьев А.Е. Геохимические барьеры и возможности целенаправленного формирования техногенных метасорождений // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. Междунар. Симп. «Памяти А.И. Перельмана». - М.: МГУ, 1999. - С. 190-195.
11. Саксин Б.Г., Крупская Л.Т., Ивлев А.М. Региональная экология горного производства // Регионы нового освоения: состояние, потенциал, перспективы в начале третьего тысячелетия / Материалы междунауч. Конф. Т.1.- Хабаровск: ДВО РАН, 2002. - С. 146-151
12. Цыганков А.В. Безопасность освоения месторождений полезных ископаемых в криолитозоне. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. - 112 с.
13. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. - Пушино. ОНТИ ПНЦ РАН. 1999. - 164 с. **ИЗДАТЕЛЬСТВО**

#### Коротко об авторах

Чумаченко Е.А. - аспирант, Тихоокеанский государственный университет,  
Крупская Л.Т. - доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией  
Института горного дела ДВО РАН (ИГД ДВО РАН).

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 8 симпозиума «Неделя горняка-2008».  
Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.А. Ельчанинов.