

УДК 662.88;502.65

М.А. Пашкевич, И.К. Понурова

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ
ЭКОСИСТЕМ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ХВОСТОХРАНИЛИЩ МИХАЙЛОВСКОГО ГОКа***

Семинар № 6

Процесс разработки полезных ископаемых, особенно открытым способом, сопровождается вторжением в окружающую среду и нарушением природного равновесия. Это проявляется в том, что возникает необходимость занимать большие земельные площади для размещения вскрышных пород, отходов обогащения руд, шламов. Наряду с нарушением земельных площадей отрицательными результатами горного производства являются изменение гидрогеологических условий, ухудшение качества поверхностных и подземных вод, загрязнение атмосферы организованными и неорганизованными выбросами от разнообразных источников (хвостохранилищ, карьеров, перерабатывающих цехов).

ОАО «Михайловский ГОК» является предприятием по производству железорудного сырья. В результате антропогенного воздействия МГОКа произошло коренное преобразование ландшафта; сформировались техногенные формы рельефа; карьер площадью более 12 км, глубиной 200 м; насыпи техногенных отложений в балках и оврагах; выемки, заполненные водой.

В результате хозяйственной деятельности промышленных объектов ОАО «Михайловский ГОК» в атмосферу, а затем и на прилегающие территории выбрасыва-

ется значительное количество пыли и газа. Это в свою очередь вызывает трансформацию химического состава агроландшафтов. В приповерхностных отложениях зоны воздействия Михайловского ГОКа выделяются геохимические аномалии по железу – основному элементу добычи и его спутникам.

В фоновых районах, не испытывающих техногенного воздействия, концентрации микроэлементов в атмосфере, почве, растительности ничтожно малы. В зонах влияния техногенных массивов их концентрации достигают сотен – сотен тысяч фоновых концентраций, вызывая повреждения и гибель растений.

Значительное накопление вредных веществ в почвенном покрове ведет к снижению продуктивности, к нарушению нормальных процессов роста и развития сельскохозяйственных культур, ухудшению гигиенического качества среды обитания. Возможны изменения в живых организмах, приводящие к заболеваниям.

Техногенная пыль, попадающая в атмосферный воздух при добыче руды, ведении взрывных работ, сушке аглоруды, переработке кварцитов на дробильно-обогащительном комплексе и особенно при обжиге окатышей на фабрике окомкования, а также пыль, сдуваемая с поверхности отвалов, сухих пляжей хвостохранилища и

*Работа выполнена при поддержке российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE).

Таблица 1
*Дисперсный состав отходов обогащения на хвостохранилище
 ОАО "Михайловский ГОК", %.*

Место отбора проб	Дисперсный состав пыли по фракциям, мкм					
	1000-250	250-50	50-10	10-5	5-1	1
Пляжная зона	2,56	31,12	38,40	15,18	5,86	5,02
0,3 км от плотины	-	0,03	0,76	7,12	16,86	75,72
0,6 км от плотины	-	0,02	0,48	4,47	19,21	75,62
1,0 км от плотины	-	0,14	0,45	3,85	15,29	80,32

Таблица 2
*Рассеивание пыли в приземном слое атмосферы,
 сдуваемой с хвостохранилища ОАО "Михайловский ГОК", мг/м³.*

Расстояние от источни- ка пыления, км	Количество пыли, рассеиваемой при скорости ветра, м/с			
	3,5	5,3	6,7	7,8
0,5	0,016	0,181	4,852	26,525
1,0	0,007	0,078	1,924	10,595
1,5	0,004	0,048	1,029	5,824
2,0	0,003	0,021	0,518	2,810
3,0	0,002	0,016	0,325	1,724
4,0	0,002	0,009	0,194	1,056
5,0	0,001	0,006	0,151	0,812
10,0	0,001	0,003	0,070	0,294

гидроотвала, содержит повышенное количество микроэлементов ряда тяжелых металлов, таких как железо, цинк, алюминий, никель, хром, медь, свинец, марганец и др.

Значительное число вредных веществ поступает в окружающую среду с хвостохранилищ. В настоящее время в Михайловском хвостохранилище площадью 1395 га. Уложено $197 \cdot 10^6$ т. отходов обогащения.

На хвостохранилище при технологических процессах образуются, так называемые сухие пляжи, занимающие от 25 до 30 % площади, которые длительное время остаются эрозионноопасными. Кроме того, на действующем хвостохранилище открытыми остаются откосы дамб и плотин, общей площадью порядка $3,0 \text{ км}^2$. При ветренной сухой погоде пыль в поверхностей пляжей

и плотин поднимается в воздух и разносится на значительные расстояния, загрязняя воздушный бассейн и прилегающие территории. Количество пыли, сдуваемой с поверхности хвостохранилища, зависит от влажности хвостов, их гранулометрического состава и скорости ветра (табл. 1, 2). При скорости ветра от 0,5 до 0,8 м/с с одного гектара сухой поверхности хвостохранилища сносится в атмосферу от 2,0 до 5,0 т мелкодисперсной пыли в сутки. Таким образом, с площади сухих пляжей, составляющих 25 % от общей площади хвостохранилища (1600 га), в сутки сдувается около 800 т, мелкодисперсной пыли.

Превышение предельно-допустимых концентраций вредных веществ в атмосфере от организованных источников наблюдается в основном при опасных скоростях ветра на расстояниях: по пыли – в ра-

Таблица 3
Содержание тяжелых металлов (МГОК), мг/кг

	Элементы							
	Fe	Cu	Mn	Pb	Ni	Cr	Co	Zn
Серая лесная почва	13300	13	580	10	12	17	5	32
Техногенная пыль	168500	70	750	60	60	110	20	350

Таблица 4
Агрохимическая характеристика серых лесных почв

Местоположение разреза	Глубина, см	Гумус, %	рН	N _r	S	V, %	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг-экв/100 г					
0,3 км от МГОКа (пашня)	0-10	2,95	6,1	2,10	19,2	90,1	90,3	194	111
	20-30	1,90	5,3	3,68	15,2	80,5	76,3	158	66
	40-50	0,41	5,2	2,63	16,8	86,4	29,4	123	92
	100-110	-	5,2	1,75	14,8	89,4	-	146	86
20 км от МГОКа (лесной массив)	3-10	4,50	4,4	8,05	16,8	67,6	217,0	54	66
	20-30	3,70	5,1	6,92	17,2	71,6	104,3	54	40
	40-50	1,90	5,0	5,95	12,8	68,2	70,7	113	98
	100-110	-	4,2	3,50	13,0	78,7	-	117	79

диусе до 1,5 км, по оксидам азота – до 1,2 км. Загрязнение воздушного бассейна от неорганизованных выбросов зависит от метеорологических условий (влажности, скорости ветра), при этом превышение ПДК по пыли распространяется на расстояние до 5 км.

Такая пыль, в процессе техногенеза, оседая на земную поверхность, загрязняет воздух, почву, воду и биоту, постепенно накапливается в агроландшафтах региона.

Рассеивание техногенных выбросов в атмосфере и последующее выпадение их на загазованную поверхность путем гравитационного осаждения или выпадения с осадками приводит к формированию в почвенном покрове техногенных аномалий (почва является индикатором загрязнения, т.к. она сохраняет долгосрочную информацию о среде и отражает стабильное многолетнее накопление загрязнителей).

Техногенная пыль представляет большую опасность для прилегающих к пред-

приятиям КМА агропедоценозам с экологической точки зрения, в отношении загрязнения тяжелыми металлами. В табл. 3 представлен химический состав пыли, отобранной непосредственно около хвостохранилища МГОКа. Наибольшую долю в составе пыли занимает железо. По остальным тяжелым металлам также отмечается их повышенное содержание по сравнению с зональными серыми лесными почвами.

Анализ агрохимических показателей плодородия почв в зоне воздействия хвостохранилища МГОКа (0,3 км) и на расстоянии 20 км показывает, что наиболее заметные изменения отмечаются по почвенной кислотности (табл. 4).

Литохимические ореолы, формирующиеся в районах расположения Михайловского ГОКа, являются сильноконтрастными по ряду загрязнителей, в том числе нефтепродуктам и тяжелым металлам, оказывающим негативное воздействие на окрестные фитоценозы и агроценозы. Ре-

Таблица 5
Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг

Глубина, см	Элементы								
	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Серая лесная почва - 0.3 км от МГОКа									
0-30	52	720	19700	7	14	16	49	до 3	24
30-48	55	750	20600	7	21	21	81	до 3	22
48-58	85	500	25300	8	22	19	57	до 3	20
59-91	72	403	25300	9	23	13	50	до 3	19
91 -125	62	433	24200	7	21	13	53	до 3	19
125-150	71	460	21400	8	23	12	46	до 3	11
Серая лесная почва - 20 км от МГОКа									
3-10	17	590	15200	5	8	12	38	до 3	20
20-30	40	574	19900	8	20	18	37	до 3	20
60-70	28	414	23600	5	14	10	42	до 3	20
100-110	23	440	24700	8	31	7	47	до 3	20
140-150	42	500	21000	5	20	13	42	до 3	20

результатом этого является снижение продуктивности земельных угодий, увеличение заболеваемости растений, снижение их видового разнообразия, а также накопление растениями веществ, токсичных для животных и человека. Так накопление тяжелых металлов во внутренних органах человека и животных (особенно печени) приводит к повышению их заболеваемости, рождению нежизнеспособного потомства, повышенной смертности. Кроме этого, за счет выноса с территории техногенных массивов загрязнителей атмосферными, поверхностными и подземными водами, происходит формирование гидрогеохимических ореолов и потоков загрязнения, контрастных по содержанию железа и тяжелых металлов.

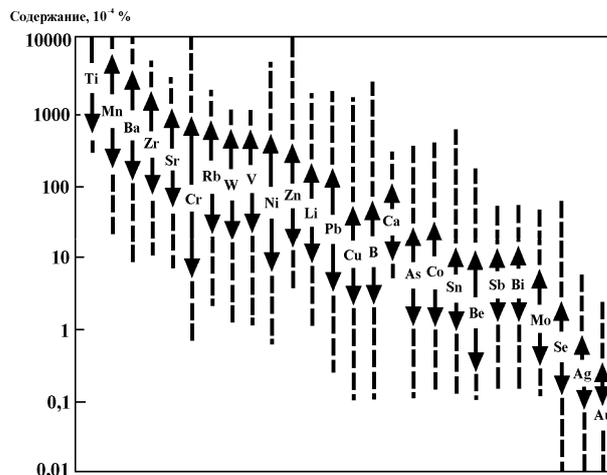
Анализ изменения содержания валовых форм тяжелых металлов по профилю серых лесных почв позволяет заключить, что почвы, находящиеся под техногенным воздействием хвостохранилища МГОКа содержат больше Cr, Zn, Fe и Ni, чем эти же почвы на расстоянии 20 км. В верхнем горизонте (0-30 см) исследуемых почв заметного накопления тяжелых металлов

как правило не отмечается. Однако в ниже лежащих горизонтах наблюдается значительное увеличение содержания многих элементов (табл. 5).

Рассматривая воздействие промышленных выбросов ОАО "МГОКа" на агроландшафты необходимо учитывать поступления в почву поступают большие количества микроэлементов с минеральными и органическими удобрениями, пестицидами. При этом техногенное загрязнение сочетается с сельскохозяйственными.

Небольшое повышение концентрации микроэлементов в почве в результате загрязнения не предоставляет исключительного события и не вызывает угнетающего действия на местный фитоценоз. Растения, поглощая микроэлементы, дополнительно увеличивают их концентрацию в своих тканях. У травоядных животных происходит ещё большая концентрация металлов в отдельных органах. Человек же, употребляя в пищу, загрязненные растительные, мясные и молочные продукты, получает максимальную концентрацию тяжелых металлов. Следует подчеркнуть, подобные концентрации, как правило, не настолько

Рис. 1. Относительные содержания микроэлементов в почвах (штриховые линии соответствуют предельным значениям)



значительны, чтобы вызвать отравление, но их длительное воздействие может иметь канцерогенные и генетические последствия.

Многочисленными опытами установлено, что особо токсичными для человека из элементов-загрязнителей почвы в районе “Михайловского ГОКа” являются хром, мышьяк, никель, сера, свинец, молибден, кадмий, ртуть, таллий, повышение концентрации которых в биогеоценозах ведут к их избыточному поступлению в питьевую воду и продукты питания человека, оказывая непосредственное вредное влияние на здоровье людей.

По предварительным совместным исследованиям СПбГГИ(ТУ), НИИКМА, Курской сельскохозяйственной академии, Воронежского лесотехнического института установлено, что горно-обогатительные комбинаты бассейна КМА по техногенным нагрузкам воздействуют на окружающую среду в радиусе от 20 до 30 км, по влиянию на качественные показатели агроландшафтов в радиусе от 15 до 20 км.

Для количественной и качественной оценки техногенного загрязнения природной среды использовались геохимический и почвенно-агрохимический методы исследования, основанные на отборе проб техногенных осадений в снежном покрове, почвах, растительности в воздушном осадении пыли в проботборнике.

Почвы и почвогрунты являются своего рода буферной системой, способной аккумулялировать различные элементы и вещества и поэтому наиболее полно отражать

уровень техногенного воздействия хранилищ отходов.

Оценка степени загрязнения почв, производилась по количественному показателю их элементного состава. Диапазон относительного содержания микроэлементов в почвах весьма широк (рис. 1). Рассматривая токсичное воздействие элементов, находящихся в почвах, на растения, Н. Боуэн разделил все элементы на три класса (рис. 2):

- **сильнотоксичные;** симптомы токсичности проявляются при концентрациях в почве менее 1 мг/кг (Cu, Hg, Cd);
- **среднетоксичные;** симптомы токсичности проявляются при концентрации в веществе 1-100 мг/кг (большинство элементов III, V, VI групп периодической таблицы);
- **слаботоксичные** (галогены, азот, фосфор, сера, титан, щелочные металлы, редкие земли).

Содержание загрязнителей в почвах постоянно варьирует, что объясняется изменениями во фракционном составе и концентрациями гумуса в почвах. 60-80 % общего содержания микроэлементов задерживается глинистыми фракциями, содержащими частицы размером менее 1 мкм, что связано с их высокой ионообменной способностью. Имеют значение также кислотнo-щелочные (pH) и окисли-

Периоды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							
2	Li	Be	B	C	N	O	F	
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe Co Ni
	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru Rh Pb
	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os Ir Pr
	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	
7	Fr	Ra	Ac	Ku				



1 – сильнотоксичные элементы (ПДК менее 0,001 мг/кг); 2 – среднетоксичные элементы (ПДК – 0,1-0,01 мг/кг); 3 – слаботоксичные элементы (ПДК – 0,3-0,1 мг/кг); 4,5 – биофильные элементы (ПДК – 0,3-0,1 и более)

Рис. 2. Относительная токсичность элементов

тельно-восстановительные (Eh) условия почв и содержание в них гумуса. Установлено, что ионообменные способности гумуса значительно выше, чем у глины, гумус способен образовывать металлоорганические комплексы, особенно при высоких значениях pH. Эти металлоорганические соединения слабо растворяются в воде и хорошо – в кислотах и щелочах. При этом среди гумусовых соединений выделяются две группы – фульвовые и гуминовые кислоты. Фульваты легко вымываются из почвы, тогда как гуминовые соединения плохо или совсем не растворимы в воде, но хорошо – в щелочных растворах. В солях гуминовых кислот концентрируются Y, Zn, Co, Mn и Cr, что способствует их накоплению в высоко гумусированных почвах и загрязняет последние.

При превышении пороговых содержаний вредных веществ в почвах на территориях сельскохозяйственного освоения, эти почвы изымаются из использования как токсичные для человека, животных, растений. Воздействие техногенных мас-

сивов “Михайловского ГОКа” на прилегающие земли и биоту является длительным и проявляется даже через десятки лет.

К наибольшему экономическому ущербу приводит воздействие техногенных массивов на сельскохозяйственные угодья. Так, с каждого гектара техногенного массива, сложенного из пород легкого механического состава, ежегодно выносятся от 200 до 500 т пыли, при отложении которой на поверхность почвенного слоя толщиной 4-5 см наступает полная гибель всходов зерновых культур, вызываемая изменением состава почв.

Согласно проведенным исследованиям превышение ПДК пыли в воздухе до 2 и 5 раз приводит к потерям выращиваемой продукции соответственно на 1,5 и 6,5 %, тогда как в районах воздействия техногенных массивов концентрации пыли в воздухе превышаются в сотни раз. Фитоценотическая опасность пыли в районах воздействия техногенных массивов связана с ее химическим и гранулометрическим составами. Так, пыль,

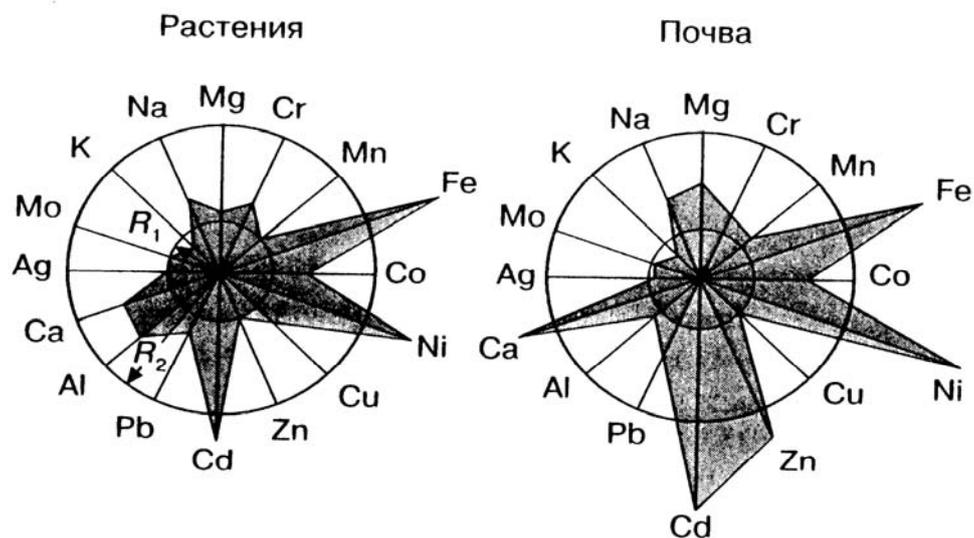


Рис. 3. Характерный спектр загрязнения металлами растений и почв в зоне карьера Михайловского ГОКа: R_1 – теоретический контроль (отсутствие загрязнения); $R_2 = K_a$ – коэффициент аномалий концентрации металлов ($K_a = C_i/C_{\phi}$, где C_i и C_{ϕ} – соответственно фактическая и фоновая концентрации элементов в объекте)

распространяющаяся с техногенных массивов ОАО “Михайловский ГОК”, характеризуется 44,2%-ным содержанием фракций пыли менее 10 мкм, наличием тяжелых металлов (Pb, Mn, Cr). На рис. 3 показан характерный спектр загрязнения металлами растений и почв в зоне воздействия техногенных массивов Михайловского карьера.

Приведенные результаты исследований позволяют заключить, что полевые культуры в повышенных количествах накапливают тяжелые металлы вблизи горнодобывающих предприятий КМА. Концентрации многих из них уже в настоящее время приближаются к ПДК, а по отдельным элементам даже превосходят их.

Повышение концентрации химических элементов в сельскохозяйственных растениях в зоне влияния хвостохранилища МГОКа указывает на целесообраз-

ность разработки приемов и способов, способствующих снижению поступления тяжелых металлов в растения и получению экологически чистой продукции растениеводства в условиях интенсивного техногенного воздействия горнодобывающих предприятий КМА.

Токсическое действие, оказываемое некоторыми элементами на почвенные организмы, приводит к уменьшению их численности и дальнейшему разрушению почвенного слоя в результате ветровой и водной эрозии. Практически невозможно рассмотреть всё многообразие воздействия загрязнителей атмосферы на экосистемы и отдельные их компоненты, однако в конкретных ситуациях необходимо учитывать двустороннее воздействие источник- экосистема в целях минимизации ущерба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пашкевич М.А.* Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. СПб, 2000.

2. *Отчёт* о научно-исследовательской работе "Мониторинг состояния загрязнения агроландшафтов прилегающих к промышленным объектам Михайловского ГОКа", Губкин, 1997.

3. *Отчёт* о научно-исследовательской работе "Исследование и оценка воздействия объектов Михайловского ГОКа на подземные и поверхностные воды и разработка мероприятий, снижаю-

щих уровень экологической опасности", Железнодорожск, 1998.

4. *Котлов В.Ф.* Изменения природной геологической среды на территории городов и промышленных центров. В кн.: Рациональное использование земной коры. М., Недра, 1974.

5. *Израэль Ю.А.* Проблемы всестороннего анализа окружающей среды и принципы комплексного мониторинга. Л., Гидрометеиздат, 1988.

Коротко об авторах

Пашкевич М.А. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
Понурова И.К. – аспирантка,
кафедра геоэкологии, СПГИ(ТУ).

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
ОАО НПО «БУРЕНИЕ»			
БОЯРКИН Алексей Александрович	Разработка технологических решений, повышающих эффективность глушения газовых скважин с аномально низким пластовым давлением	25.00.15	к.т.н.
ЗАРИПОВ Раиль Муталлапович	Научные основы расчета напряженно-деформированного состояния трубопроводов, проложенных в сложных инженерно-геологических условиях	25.00.19	д.т.н.

