

УДК 622.8

С.Г. Гендлер, В.С. Кузнецов

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ РАБОТЕ
ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ**

Семинар № 7

Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает сложное и многоплановое воздействие на окружающую среду. Это, в особой степени, относится к открытому способу добычи полезных ископаемых.

При производстве горных работ в воздушную среду поступает значительное количество минеральной пыли и газов в процессе машинного разрушения пород, бурения скважин, взрывной отбойки, вторичного дробления, резки горных пород, погрузки, транспортировки и выгрузки их на приёмных пунктах или отвалах, разрушения дорожного полотна при движении по нему транспортных машин, эрозии поверхности отвалов, откосов уступов, карьеров и т.п. [1].

В выбросах вредных веществ преобладают, как химические вещества входящие в состав горных пород, так и вещества, выделяющиеся при работе машин и механизмов, от различных технологических процессов по переработке горных пород. Эмиссия данных загрязняющих приводит к постепенной деградации насаждений, снижению их продуктивности и утрате устойчивости. Под влиянием «чуждых» для живых организмов веществ, нарушается ультрамикроскопическая структура клеток растительных организмов. Замедляется интенсивность ростовых и продуктивных реакций. Снижается продолжительность жизни организмов, ускоряются процессы старения.

В зонах влияния промышленных эмиссий, как правило, загрязняется не только воздушная среда, но через атмосферу - вода и почвы. Воздействие загрязняющих веществ, становится многоплановым, возрастает роль, так называемого, опосредованного влияния ингредиентов загрязнения через изменение почвенно-химических реакций, хода поступлений элементов питания. Опосредованное влияние загрязнения усиливается вследствие кумулятивных свойств почв. В результате "накопления воздействия" разбалансирование функционирования лесных насаждений происходит через какое-то время даже при около фоновых концентрациях загрязняющих веществ в воздухе.

В качестве примера, открытой добычи полезных ископаемых, рассмотрим воздействие Оленегорского ГОКа на окружающую среду. Особенности Оленегорского ГОКа является: 1) большие объемы проведения взрывных работ; 2) сравнительно небольшое удаление Оленегорского месторождения от жилых массивов; 3) руды месторождения характеризуются большим разнообразием минерального состава, обусловленного различными составляющими рудных и нерудных минералов. Главными рудными минералами являются магнетит (17-28 %), гематит (1,3-22,3 %) встречается пирит и пирротин (до 0,3 %). Основные нерудные минералы: кварц (21-61 %), пироксен (0-14 %), амфибол (0-20%), слюда (0-5%), полевые шпаты (0-30 %) - химический состав гор-

Пространственное распределение экологического риска

Скорость ветра, м/с	Экологический риск, млн руб							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1	0,60	0,34	0,13	0,08	0,46	0,33	0,13	0,18
2	3,25	1,85	0,73	0,50	2,49	1,75	0,71	0,98
5	8,43	0,04	1,89	1,28	6,47	4,55	1,85	2,55
7	7,17	4,14	2,31	1,47	6,07	4,30	1,26	2,08
9	11,07	6,37	0,65	0,59	5,01	3,79	2,43	2,70
11	2,22	0,71	-	-	0,80	1,42	1,07	1,24

ных пород в основном и определяет те примеси, которые в последствии попадают в атмосферу в процессе разработки месторождения.

Для Оленегорского ГОКа характерны следующие загрязняющие вещества выделяющиеся в процессе работы ГОКа (рис. 1).

Как видно из рис. 1, основным загрязняющим веществом выделяющимся в атмосферу является неорганическая пыль.

Распределение концентраций неорганической пыли в атмосферном воздухе даже при условии неизменности параметров, определяющих процессы её переноса в атмосферном воздухе, имеет достаточно сложный характер. В том случае, если пы-

левое облако достигает мест, где проживают люди, то в этих районах повышается риск хронической интенсификации населения R. Величина R может быть принята, за так называемый, техногенный риск [2]. Зависимость этого риска от соотношения фактической концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе к предельно допустимой концентрации и класса опасности вещества представлена на рис. 2 [2].

Сопоставляя данные графика на рис. 2 с картой распределение величины $C_i/C_{пдк}$ на рис. 3, представляется возможным каждому значению $C_i/C_{пдк}$ в случае известного класса опасности (для рассматриваемых условий третий класс) присвоить свою величину техногенного риска.

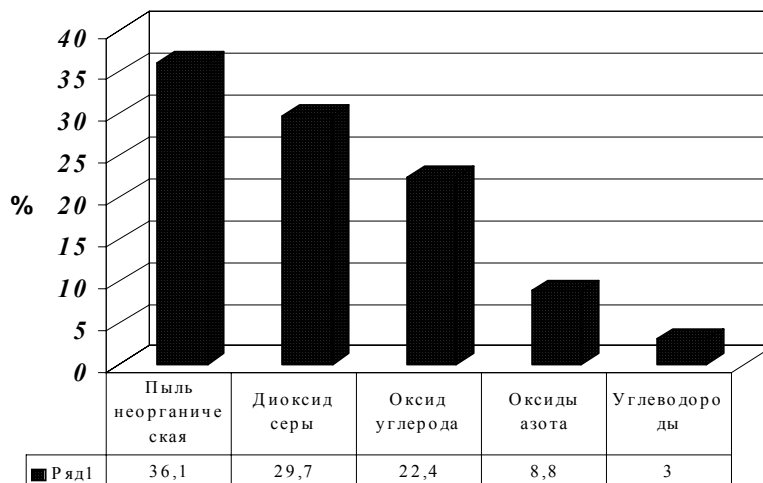


Рис. 1. Основные загрязняющие вещества выбрасываемые в атмосферу Оленегорским ГОКом

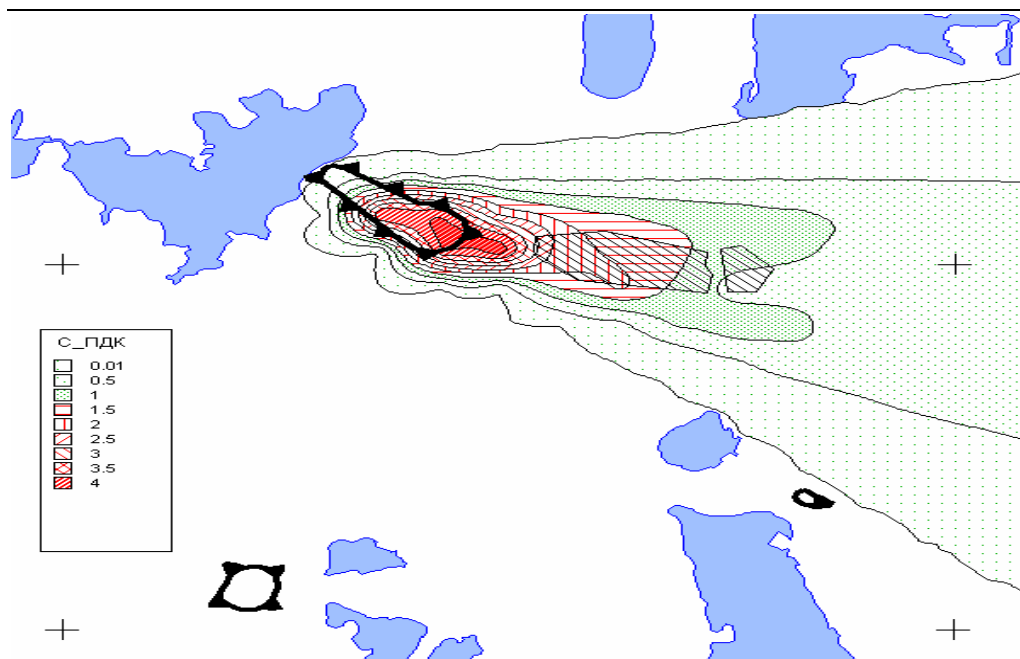


Рис. 2. Зависимость техногенного риска R от соотношения $C_i/C_{пдк}$ и класса опасности вещества R_{0i} . 3. Фрагмент карты с изображением площадей территорий, расположенные между изолиниями, характеризующимися различными значениями $C_i/C_{пдк}$

Так для области, характеризующейся соотношением $C_i/C_{пдк}$, составляющим 1,5, техногенный риск составляет 0,4, для $C_i/C_{пдк} = 2 - 0,5$, для $C_i/C_{пдк} = 2,5 - 0,575$ и, наконец, при $C_i/C_{пдк} = 3$ техногенный риск достигает величины 0,625. При известной связи техногенного риска (риска интенсификации) с заболеваемостью людей легко оценить уровень негативного воздействия карьера на состояние окружающей среды.

Анализ экологической обстановки, основанный только на учете техногенного риска, не дает возможности произвести ранжирование различных участков зоны воздействия предприятия на окружающую среду в зависимости от уровня этого воздействия, так как не позволяет оценить удельный вес каждого из этих участков в общей величине негативного воздействия.

Для наиболее полной оценки негативных экологических воздействий самых разнородных факторов, в последние годы стали активно применять подход, осно-

ванный на оценке риска неблагоприятных последствий. Спецификой экологического риска является, как правило, неравномерное его распределение по территории, подвергшейся воздействию вредного фактора. Распределение риска зависит от пространственного распространения неблагоприятного фактора (концентрации токсиканта, интенсивности радиоактивного излучения, шума и т.д.), и от изменения его во времени. Например, работа котельной в зимний период носит постоянный характер, а различные технологические процессы по разработке полезных ископаемых (взрывные работы) имеют периодический.

При расчете экологического риска следует принимать во внимание сочетание скорости и направления ветра, поскольку метеорологические параметры являются определяющими при оценке распределения загрязняющих веществ в атмосфере [3].

Из данных представленных в таблице следует, что для разных направлений вет-

чей вклад в общий негативный эффект максимален.

Расчеты, выполненные по выше изложенной модели для условий Оленегорского ГОКа, показали, что удельный вклад участков с превышением концентрации неорганической пыли над ПДК,

составляющей 1,5, 2,0, 2,5 и 3,0 соответственно равен 52 %, 41 %, 6 % и 1 % (рис. 4).

Таким образом, основной объем природоохранных мероприятий следует сосредотачивать на участках, где превышение концентрации неорганической пыли над ПДК составляет 1,5–2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Охрана окружающей среды: Учеб. для горн. и геолог. спец. вузов; Под ред. С.А. Брылова и К. Штродки.* - М.: Высш. Шк., 1985.

2. *Альмов В.Т., Крапчатов В.П., Тарасова Н.П.* Анализ техногенного риска. М: Круглый год. 2000.

3. *Гендлер С.Г., Кузнецов В.С.* Выбор критерия для обоснования природоохранных мероприятий при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Журнал «Безопасность жизнедеятельности», № 8, 2003, с.13 -15.

Коротко об авторах

Гендлер С.Г. – профессор, доктор технических наук,
Кузнецов В.С. - аспирант кафедры геоэкологии,

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).

© А.С. Федотова, 2006

УДК 622.333

А.С. Федотова

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОТВАЛАХ, ОБРАЗОВАННЫХ ВСКРЫШНЫМИ ПОРОДАМИ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ

Семинар № 7

Сегодня, когда основой мировой экономики является топливо сжигающая энергетика, экологическая ситуация в мире все более усугубляется. Главным источником энергии сейчас служит нефть, на которую приходится 30 % коммерческого энергопотребления; природный газ выступает как экологически предпочтительная альтернатива нефти; одну из ключевых ролей в производстве электроэнергии продолжает играть уголь.

В нашей стране уголь остается самым дешевым энергоносителем, и потребность в углях постоянно возрастает. По оценкам

экспертов мировая потребность в угле к 2010 году повысится по сравнению с нынешней в два раза. Наряду с этим можно прогнозировать ухудшение качества окружающей среды.

Связанное с добычей угля извлечение из недр больших объемов горных пород и размещение их в отвалах захватывают нарушенные значительные регионы, как по площади, так и по глубине. Под отвалами отгораются десятки тысяч гектаров земли во многих районах пригодной для сельскохозяйственной деятельности. Непосредственно на поверхности карьеров,

внешних и внутренних отвалов происходят процессы пылеобразования, что приводит к загрязнению почвы, воздуха, подземных и поверхностных вод.

Интенсивное использование ресурсов полезных ископаемых Читинской области приводит к неблагоприятной экологической ситуации в регионе. По данным Харитоновой Ю.Ф. к настоящему моменту в области накоплено большое количество отходов в виде пород вскрыши, хвостов обогащения забалансовых руд, шлаков, кеков и т.д. Все техногенные скопления горнопромышленного комплекса разделены им на две группы. К первой относятся породы вскрыши, ко второй – отходы бедных и некондиционных руд, хвосты продуктов обогащения руд и продукты химической переработки.

Основная масса техногенных скоплений первой группы образована деятельностью угледобывающих предприятий (91,4 %). Количество ее отходов в массовом выражении составляет 2268,7 млн т или в процентном соотношении 86,4 % от общей массы отходов горнопромышленного комплекса. Практически вся эта масса представлена породами внешней и внутренней вскрыши. Из общей величины отходов угледобывающих предприятий наибольший процент приходится на долю Харанорского угольного разреза (90,6 %) [1].

Одним из составляющих компонентов природного комплекса, подвергающегося более интенсивному техногенному воздействию при эксплуатации угледобывающих предприятий, является почва. Именно эта часть биосферы оказывается в менее выгодном положении, поскольку воспринимает на себя как механические нагрузки, так и химическое загрязнение. Поскольку почва является связующим компонентом биосферы и обеспечивает благоприятное течение большого и малого круговоротов, то опасность ее загрязнения становится очевидной.

Нарушение почвенного покрова при разработке угольных месторождений и

добыче угля многосторонне и разнообразно. При открытой добыче происходит нарушение почвенного слоя горными выработками, промышленными площадками, внешними отвалами, транспортными, энергетическими и другими коммуникациями. Велика вероятность химического загрязнения почв, оказавшихся в зоне действия предприятий угледобычи. Химические агенты способны проникать в тело почвы различными путями, основными из которых являются водные и воздушные миграционные потоки. Загрязняющие вещества способны переноситься вместе с частицами пыли, сдуваемой ветрами с отвалов вскрышных пород. Мелкодисперсные частицы пыли, а вместе с ними, возможно, и токсичные элементы переносятся на десятки километров при ведении буровзрывных работ. Интенсивность накопления токсичных химических элементов в почвах прилегающих к предприятиям угледобычи территорий определяется их концентрацией в породах вскрыши. Вероятность химического загрязнения почв повышается в том случае, если разрабатываемые горные породы содержат высокие концентрации токсичных элементов.

Рапетух В.К. подчеркивает, что вскрышная толща на ряде угольных месторождений содержит в себе неблагоприятные для растений породы, обладающие фитотоксичными свойствами. По результатам ряда исследований он приходит к выводу о том, что горные породы имеют критический для развития растений показатель кислотности (рН), большое количество токсичных ионов железа и алюминия, присутствие свободной серы. Так, например, им отмечается наличие токсичных пород в Подмосковном, Челябинском, Кузнецком угольных бассейнах. [2] Аналогичное заключение выводится Архиповым Н.А., который отмечает, что отвалы неиспользуемых горных пород неблагоприятны для роста растительности из-за высокой кислотности и избыточного содержания в них солей, свободных металлов и серы. Однако некоторые авторы все-

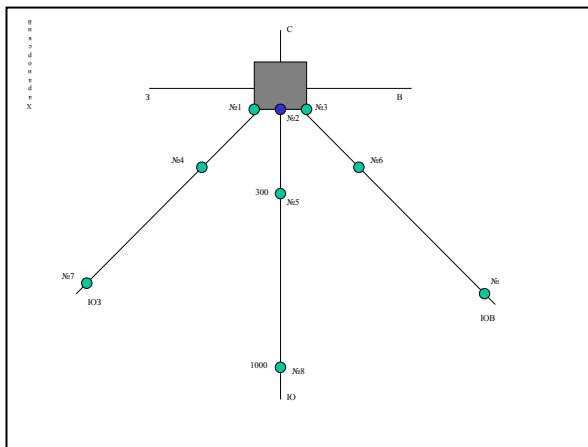


Схема отбора проб:

- - карьер
- - точки отбора проб, где проводилось определение валового содержания никеля, определение показателя рН, определение содержания органического вещества
- - точка отбора проб, где проводилось определение валового содержания тяжелых металлов (Co, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Mn), определение показателя рН, определение содержания органического вещества

Результаты проведенных анализов показали, что содержание тяжелых металлов на-

таки приходят к выводу о том, что для большинства месторождений наличие токсичных элементов в разрабатываемых породах не характерно [1, 3, 4].

В июне 2003 были проведены исследования отвалов вскрышных пород Харанорского угольного разреза на предмет содержания в них тяжелых металлов. Было определено валовое содержание меди, никеля, кобальта, марганца, цинка, свинца, кадмия в поверхностном слое почвы (0-10 см), а также показатель кислотности почвенной среды (рН) и содержание органического вещества (%). Пробы отбирались в зависимости от «розы ветров», характерной для региона, в трех направлениях – юго-западном, южном и юго-восточном; в следующих точках:

- контур карьера,
- 300 м от контура карьера,
- 1000 м от контура карьера (рисунок).

Контрольный образец был взят на расстоянии 10000 м от разреза в северном направлении (№ 10). Дополнительно, без учета «розы ветров», были отобраны образцы: с отвала, отсыпанного во время отбора проб (№ 11); с отвала, возраст которого около 30 лет (№ 12) и с отвала, возраст которого около 70 лет (№13).

ходится в пределах установленных нормативных значений (табл. 1). Было зарегистрировано незначительное превышение ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) по никелю в некоторых образцах (табл. 2). Содержание органического вещества увеличивается с увеличением расстояния от карьера и в контрольном образце принимает значение, близкое к фоновому. Реакция почвенного раствора изменяется в широких пределах – от слабо щелочной (6, 8) до щелочной (8, 7), но в контрольном образце принимает значение, характерное для рассматриваемого типа почв (7).

Тяжелые металлы при фоновых значениях именуется микроэлементами, поэтому, анализируя полученные результаты, необходимо рассмотреть особенности накопления микроэлементов в почвах. Исследования многих авторов доказывают, что содержание микроэлементов зависит главным образом от содержания органического вещества. Определяющими показателями содержания микроэлементов в почве является их содержание в почвообразующей породе.

Почвы Забайкалья формируются на почвообразующих породах, обедненных микроэлементами. Согласно исследованиям Абашеевой (1986), материнские породы Забайкалья отличаются низким содержанием марганца, меди, цинка, кобальта. Химический состав почвообразующих пород вследствие слабо протекающих процессов биологического и химического выветривания изменяется мало. Этот факт определяет низкие их содержания в почвах. При этом концентрации элементов варьируют в широких пределах в зависимости от гумусированности почв, гранулометрического состава, наличия мерзлоты.

На интенсивности накопления микроэлементов положительно сказывается тяжелый механический состав, высокая емкость поглощения, высокое содержание гумуса. В песчаных, супесчаных, легкосуглинистых почвах небольшие колебания или по горизонтам резко влияют на распределение микроэлементов. Слоистость и смена механического состава ведут к накоплению микроэлементов. Многие исследователи отмечают важное значение органического вещества, особенно гуми-

новых кислот, в накоплении микроэлементов. Так, например, Гольдшмидт В.М. связывает концентрацию кобальта, бериллия, цинка, кадмия олова, свинца в почвенном гумусе, с захватом соединений элементов органическим веществом почвы.

Каштановым почвам, попадающим в зону ведения работ Харанорского угольного разреза, присущи следующие свойства. Содержание гумуса в них колеблется от 1,5-2,0 % (низкое) – в песчаных и супесчаных; до 2,0-3,0 % (очень низкое) – в легкосуглинистых; иногда содержание гумуса достигает 4,0 %. Реакция среды нейтральная (рН 7), емкость поглощения 17-29 мг. экв. на 100 г почвы.

Среднее содержание никеля в почвах по Виноградову (1957) равно 0,004 %. Также известно, что плодородные почвы содержат никеля больше, чем почвы с малым содержанием органического вещества. Количество никеля увеличивается с увеличением содержания гумуса в почвах более чем на 3 % [3]. Малое количество никеля в почвах можно объяснить такими факторами как легкий механический состав, низкое содержание гумуса, повы-

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в отвалах разреза «Харанорский» (мг/кг).

	Ni	Cu	Zn	Cd	Co	Pb	Mn
Факт. содержание	22,32	11,31	25,6	0,06	10,03	13,17	285,7
ОДК	20,0	33,0	55,0	0,5	не установлен.	32,0	1500

Примечание: определение тяжелых металлов проводилось в образце № 2.

Таблица 2

Содержание никеля в образцах с превышением норм ОДК.

Показатель	* Фооновое содержание	№ 10	№ 4	№ 5	№ 9	№ 12	ОДК (Ni)
Содержание никеля, мг/кг	22,5	22,32	21,24	21,36	21,99	27,60	20, 0
Содержание органического вещества, %	1,3	3,08	1,31	2,16	2,59	1,33	-
Показатель рН	7,0	6,9	6,9	8,1	8,7	8,3	-

Примечание: * Значение принято по данным Абашеевой (1986 г.)

шенная кислотность почв. Наибольшую подвижность никель проявляет в кислой среде, при присутствии карбонатов его подвижность снижается.

Каштановые супесчаные почвы при содержании гумуса 1,3 % накапливают никеля 22,5 мг/кг. Лугово-каштановые легкосуглинистые при содержании гумуса 2,2 % - 19,0 мг/кг [3]. Отмечено фоновое содержание никеля в супесчаных каштановых почвах в пределах 27,0 мг/кг [4].

В нашем случае при содержании органического вещества от 1,3 % до 3,8 % содержание никеля колеблется от 21,24 мг/кг до 27,60 мг/кг. Анализируя данные таблицы 2, можно предположить, что загрязнения почв никелем не происходит, т. к. его концентрация находится в пределах фоновых значений. В контрольном образце содержание никеля при нейтральной реакции среды и при содержании органического вещества 3,8 % составляет 22,32 мг/кг, что является ниже фонового на 0,18. Высокое содержание объясняется, вероятно, повышенным содержанием органического вещества по сравнению с фоновым. В образцах № 4, № 5, № 9 все показатели вполне сопоставимы с фоновыми и приблизительно равны им. Совершенно иная ситуация в образце № 12, где содержание никеля превышает значение ОДК, фоновое значение и значение контрольного образца. Причем сопутствующие показатели (рН и содержание органического вещества примерно равны фоновым). Учитывая данные Мотузовой Г.В. о содержании никеля в каштановых почвах можно также предположить превышение содержания никеля в рассматриваемом образце, т.к. фактическое значение 27,6 мг/кг находится за пределами фонового 27 мг/кг, т.е. превышение никеля в одном из рассматриваемых образцов очевидно.

Что касается остальных химических элементов, концентрация которых определялась, то можно отметить, что содержание меди, цинка не превышает норм ОДК и соответствует фоновым концентрациям. Содержание кадмия и свинца не противо-

речит действующим нормативам. Отмечено небольшое превышение фоновых концентраций кобальта. Учитывая тот факт, что данных ОДК для кобальта не установлено, можно предполагать повышенное содержание кобальта в нарушенных почвах разреза «Харанорский».

Таким образом, апробация отходов, образованных в результате деятельности разреза «Харанорский» и анализ полученных результатов по содержанию тяжелых металлов в них позволяет сделать вывод о том, что интенсивного накопления тяжелых металлов в рассматриваемых почвах не происходит. Это объясняется такими факторами как легкий механический состав почв, преобладание частиц крупных фракций, невысокое содержание органического вещества, малая емкость поглощения. Большое влияние оказывает низкое содержание микроэлементов в горных породах.

Однако, несмотря на то, что содержание тяжелых металлов в почвах нарушенных земель рассматриваемых предприятий остается в норме, опасность первичного загрязнения остается высокой. Первичное загрязнение, т. е. создание отвалов и карьеров приводит к образованию антропогенного ландшафта, точнее одной из его разновидностей - техногенного ландшафта. Поскольку рекультивация земель в данный период времени не ведется, то большие площади земель так и остаются непригодными для использования. Учитывая данные некоторых авторов о возможности распространения загрязнений посредством техногенных потоков опасность химического загрязнения также остается высокой. Чтобы иметь более ясную картину о геохимической миграции элементов, необходимо учитывать подвижные формы учитываемых элементов. В данной работе исследовалось валовое содержание микроэлементов в отходах производства, поэтому определенно точных выводов о путях миграции сделать нельзя, можно лишь предположить проникновение загрязнений в грунтовые воды посредством процессов фильтрации, попадание загрязняющих

веществ в растения через их корневую систему, а посредством трофических свя-

зей в организмы животных и человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харитонов Ю.Ф., Васильев Д.А. и др. Эколого-экономическая оценка горнопромышленного комплекса Читинской области. //Жур. Ресурсы Забайкалья. Спец. Вып., 2002, с.42 – 47.
2. Открытая разработка угольных месторождений./ Сб. научн. тр. – Кемерово: изд-во Кузбасского Политехнического Института, 1987. с.145.
3. Шпирт М.Я. Безотходная технология: утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых. – М.: Недра, 1986, с.45.
4. Клер В.Р. Изучение и геолого-экономическая оценка качества углей. – М.: Недра, 1975, с. 112.
5. Абашиева Н.Е. Агрохимия почв Забайкалья. - Новосибирск: Знание, 199, с 179.
6. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. с.99.

Коротко об авторах

Федотова А.С. – аспирантка, Читинский государственный университет.