

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Институт географии**

РГБ 01

26.10.2000

На правах рукописи

БЕЛОЗЕРЦЕВА Ирина Александровна

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА
ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ
(НА ПРИМЕРЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ
ИРКУТСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА)**

11.00.11. – охрана окружающей среды и рациональное
использование природных ресурсов

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

ИРКУТСК – 2000 г.

Работа выполнена в Институте географии Сибирского отделения
Российской академии наук

Научный руководитель –	доктор биологических наук, В.А. Кузьмин
Официальные оппоненты –	доктор географических наук, профессор ЮМ. Семенов доктор биологических наук, профессор В.А. Серышев
Ведущая организация –	Иркутский государственный Университет

Защита диссертации состоится 5 июля в 14 часов на заседании диссертационного совета Д.002.60.01 по присуждению ученой степени кандидата географических наук при Институте географии СО РАН по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Уланбаторская, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института

Автореферат разослан 3 июня 2000г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук



Заборцева Т.И.

17035.8,9,0

179(2p 54-40ep)035,0

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. В 1996 г. Госкомэкологией России разработан национальный план действий по охране окружающей среды Российской Федерации (НПДООС) на 1999-2001 гг. В этом плане в число городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха (индекс загрязнения более 14) вошли 44 города, в том числе на юге Приангарья – Ангарск, Иркутск и Шелехов.

Современное состояние окружающей среды в г.Шелехове, вблизи которого расположено АО Иркутский алюминиевый завод (ИрКАЗ) характеризуется высоким уровнем загрязнения не только воздуха, но и почв, растительности и вод вредными примесями антропогенной природы, а также нарушением состояния лесных массивов, ухудшением здоровья населения в виде повышенного и высокого риска заболеваемости (Охрана атмосферы..., 1992). Из специфических загрязняющих веществ здесь преобладают фтористые соединения, смолистые вещества. Средние за 1995 г. концентрации в воздухе превышали допустимые по бенз/а/пирену в 12,9 раза, формальдегиду в 3,3, а максимальные концентрации по пыли, оксиду углерода, фтористому водороду превышали предельно допустимые концентрации (ПДК) в несколько раз (Государственный доклад., 1996).

В последние годы уделяется большое внимание изучению воздействия выбросов промышленных предприятий на окружающую среду Байкальского региона. Изучение снежного и почвенного покрова проводилось сотрудниками ПГО “Сосновгеология”, институтов Иркутского научного центра (Географии, Геохимии, СИФИБРА, Лимнологического), Иркутского государственного университета и др. Однако многие вопросы еще не решены, дискуссионны и требуют дальнейшего изучения. В частности, в регионе слабо изучена роль почвы, представляющей фокус биогеоэкологических связей, универсальный биогеохимический адсорбент, один из основных геохимических барьеров для большинства соединений, мигрирующих из атмосферы в речные и грунтовые воды.

Указанные обстоятельства определяют необходимость исследования почв в условиях техногенеза не только как депо поллютантов, но и как природный компонент, обладающий способностью диагностировать антропогенные изменения в ландшафтах.

Цель и задачи исследования. Цель работы – изучить влияние техногенных выбросов ИрКАЗа на состав и свойства почв прилегающей территории, провести экологическое нормирование. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- Исследовать химический состав снега, как индикатора техногенного загрязнения почвенного покрова;
- Выявить трансформацию состава и свойств почв под влиянием техногенных загрязнений;
- Установить влияние техногенеза на содержание и качественный состав гумуса, обеспеченность основными питательными веществами;

- Выявить трансформацию некоторых морфологических признаков и биохимических показателей.
- Провести нормирование техногенного загрязнения по различным параметрам почв.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования были снег и почвы территории, прилегающей к алюминиевому заводу и находящиеся на расстоянии 0,5; 1; 2 и 6 км с учетом розы ветров в северо-восточном, северо-западном, юго-восточном и юго-западном направлениях. В качестве условного фона выбраны участки, расположенные в 20 и 70 км к юго-востоку.

Отбор проб снега, почв и их анализ проводились автором в 1996-1998 гг. по общепринятым методикам (Аринушкина, 1970; Агрехимические методы..., 1975; Семенов, 1977 и др.).

Научная новизна. Впервые по указанной схеме проведено сопряженное изучение состава снега и почв с определением 20 химических элементов, что позволило выявить приоритетные элементы-загрязнители в аэрогенных выбросах алюминиевого завода.

Определено не только валовое содержание, но и подвижные формы химических элементов в почвах данного региона, являющиеся более чувствительными показателями, учитывающими свойства почв и преобразование форм тяжелых металлов во времени.

Определены формы миграции элементов (в твердой и растворимой фазе) в системе выбросы – атмосфера – почва, закономерно изменяющиеся по мере удаления от завода. Рассмотрено изменение химического состава техногенных выбросов в почве.

Изучение влияния техногенных выбросов на свойства почв позволило провести с учетом концентрации химических элементов нормирование техногенных нагрузок.

Практическая значимость работы. Результаты исследований позволяют оценить интенсивность воздействия техногенных выбросов алюминиевого завода на почвы, их физико-химические свойства. Проведенное нормирование техногенного загрязнения по различным параметрам почв и приоритетным химическим элементам (прежде всего по фтору) согласуется с материалами о нарушении лесов, загрязнении поверхностных вод, данными о заболеваемости населения г.Шелехова. Они необходимы для экологического мониторинга и экспертизы. Рассматриваются пути снижения вредных выбросов алюминиевого завода и мероприятия по рациональному использованию прилегающей территории.

Апробация и публикации результатов исследований. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях лаборатории географии почв и геохимии ландшафтов. Ее основные положения были доложены на X научной конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 1997), на юбилейной конференции Областного комитета по охране окружающей среды (Иркутск, 1997), на Всесоюзной конференции “Эко-

логический риск: анализ, оценка, прогноз” (Иркутск, 1998). Они опубликованы в материалах Южносибирской региональной конференции студентов и молодых ученых (Абакан, 1997), Всероссийской конференции “Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения” (Санкт-Петербург, 1998), на конференции “Почва Экология Общество (Soil Ecology Society)” (Санкт-Петербург, 1999) и др.. Их основное содержание изложено в 10 публикациях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, выводов и приложения. Изложена на 161 страницах компьютерного текста, включает 18 таблиц и 26 рисунков. Список литературы содержит 169 источников, в том числе 23 иностранных.

Во введении раскрывается актуальность, цель и задачи, новизна и практическая значимость, объекты и методы исследований. Сформулированы основные защищаемые положения.

В первой главе по литературным данным рассматривается воздействие выбросов алюминиевых заводов на окружающую среду, а также уровень технологии и выбросов на ИркАЗе. Во второй главе по литературным источникам характеризуется техногенное загрязнение снега и почв Верхнего Приангарья. Физико-географическая характеристика района исследования дана в третьей главе. Снег как индикатор техногенного загрязнения почвенного покрова вблизи ИркАЗа – название четвертой главы. Изменение химического состава техногенных выбросов в системе снег-почва рассматривается в пятой главе. Трансформация некоторых морфологических признаков, биохимических, физико-химических и химических показателей обсуждается в шестой главе, а нормирование содержания элементов техногенного происхождения по некоторым основным показателям – в седьмой. Пути снижения вредных выбросов алюминиевого завода и рациональное использование прилегающей территории – содержание восьмой главы. В заключении сформулированы основные выводы по результатам проведенного исследования.

Основные результаты исследования, составляющие предмет защиты, формулируются в виде следующих положений:

1. Химический состав снега в окрестностях алюминиевого завода служит индикатором возможного техногенного загрязнения почв, позволяющим выявить приоритетные загрязнители и формы их поступления.

В качестве индикатора загрязнения окружающей среды успешно используется снежный покров. Концентрация загрязняющих веществ в снеге в результате процессов сухого и влажного вымываний оказывается выше, чем в атмосферном воздухе и дает действительную величину аэриальных выпадений в холодный период года.

Выявлено, что территория вблизи ИркАЗа (до 1 км), судя по анализу снега, интенсивно загрязняется техногенным веществом. В частности, содержание в снеге F, Mn, Al, Ba и Na превышает контрольные значения более чем в

100 раз (рис. 1, 2). С расстоянием содержание элементов резко снижается. Данный факт связан с комплексом метеофакторов, неблагоприятных для рассеивания вредных примесей. Характерно состояние застоя воздуха и слабая ветровая активность из-за высокой повторяемости штилей, приземных инверсий и слабых ветров.

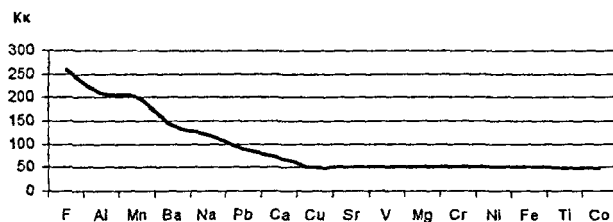


Рис. 1. Коэффициент концентрации (Кк) элементов в снеге вблизи ИркаЗа (до 1км)

В твердом осадке сосредоточено более 95% элементов. Только фтор, натрий и калий преобладают в растворимой форме. Концентрация F в жидкой фазе (ЖФ) снега вблизи завода достигает более 95%.

В катионно-анионном составе снеговой воды фтор выступает как макроэлемент. Его содержание достигает 66 мг/л (2,6 т/км²).

По мере удаления от завода относительная доля растворимого вещества увеличивается. Вследствие этого ареалы концентраций элементов в ЖФ снега выпянуты по площади больше, чем в твердой фазе (ТФ), так как первые имеют меньшую массу и обладают большей летучестью.

В окрестностях ИркаЗа твердая фаза может быть представлена в основном алюминием (37-88%), за исключением площадки в 0,5 км к северо-востоку от завода, где концентрация алюминия значительно меньше, чем масса нерастворимого остатка. В его составе большая доля может приходиться на механические примеси, попадающие в атмосферу от расположенных поблизости завода ЖБИ, авторемзавода, автобазы, места разгрузки и первичной переработки сырья. Твердый осадок около завода значительно превосходит растворимую форму (в 7-65 раз).

Ареал загрязнения не является постоянным. Для твердых выпадений с концентрацией 0,5 г/л в 1996г. он составлял около 14 км², а в 1997 – 8 км², охватывая южную половину г. Шелехова и северную половину пос. Олха, а в следующий год он достигал только их окраин. Ареал зависит от объема выбросов и комплекса метеофакторов, способствующих их рассеиванию.

Из результатов эксперимента по растворимости твердого остатка снега в дистиллированной воде, следует, что элементы (F, Na, K, Ca, Mg, Cl) еще способны к растворению, следовательно при выпадении дождей часть их переходит в растворимое состояние.

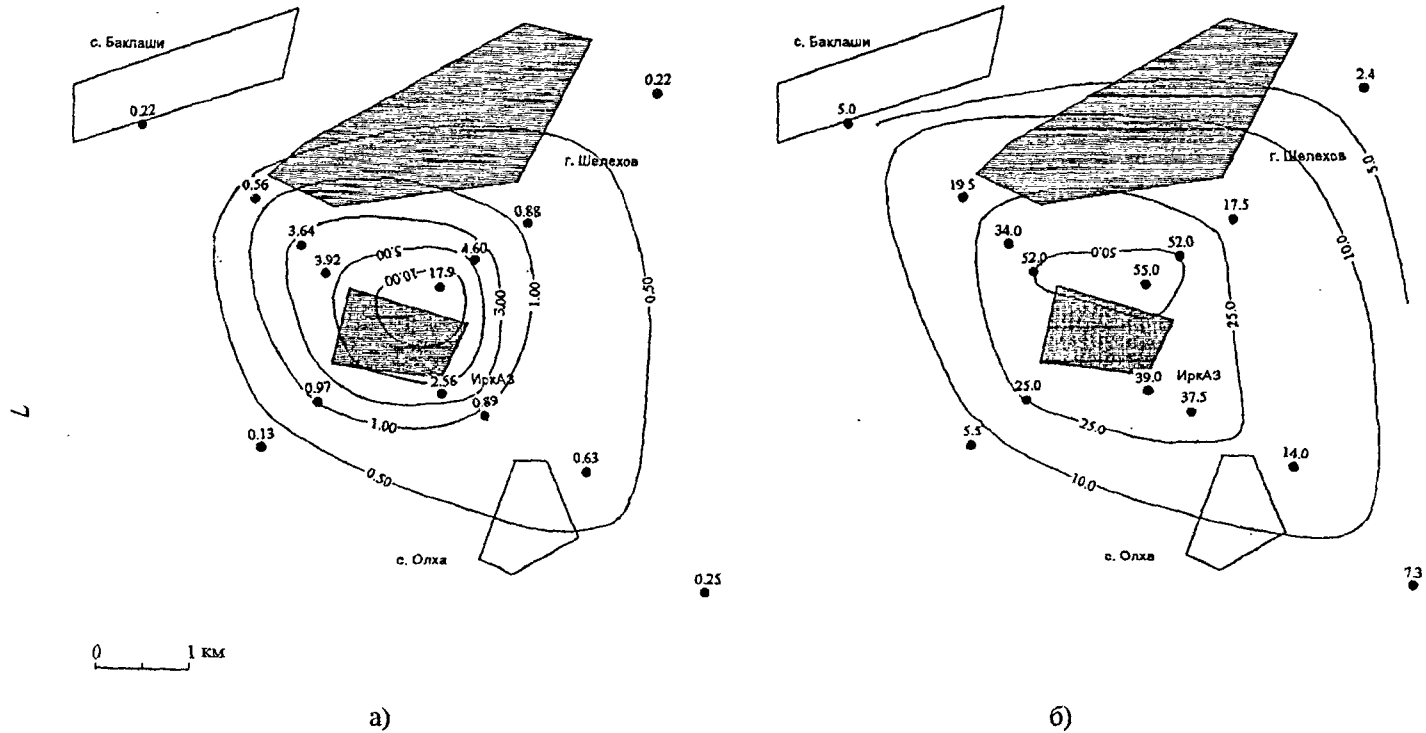


Рис. 2. Содержание твердого остатка в снеге (а, г/л) и F в жидкой фазе снежного покрова (б, мг/л) за зимний период 1996 г. в зоне воздействия ИрКАЗа

Сходство полученных данных по содержанию элементов в снежном покрове за 1996г. с результатами 5-7 летней давности говорит о том, что количество токсичных выбросов за этот период не сократилось. Однако в 1997-1998 гг. наблюдается снижение техногенных выбросов, связанное со снижением производства и в меньшей степени с реализацией природоохранных мер.

При сопоставлении химического состава снеговых вод исследованного района с данными для Южного Байкала, удаленного от промышленных центров (Ветров, Кузнецова, 1997; Кузьмин, 1999) можно сделать вывод: загрязнение территории от локального источника – алюминиевого завода – распространяется на десятки километров по преобладающему направлению ветра и на юге Байкала сменяется региональным, где осадки меньше загрязнены элементами, свойственными для окрестностей Шелехова. В его формировании участвуют выбросы Ангарско-Иркутского промышленного района.

2. Поступление техногенного вещества сопровождается его миграцией и аккумуляцией в почве и приводит к трансформации ее морфологических, химических и биохимических показателей.

Почвы района исследования представлены дерновыми лесными, дерново-карбонатными и серыми лесными. Они характеризуются гранулометрическим составом от легкосуглинистого до легкоглинистого, слабощелочной и нейтральной реакцией, содержанием гумуса от очень низкого до очень высокого. Такое разнообразие почв по генезису и свойствам определяет различие воздействия на них выбросов.

Проведенные исследования свидетельствуют, что в почвах вблизи завода повышено содержание тех же элементов, что и в снеге (F, Al, Mn, Ba, Na) (рис. 3).

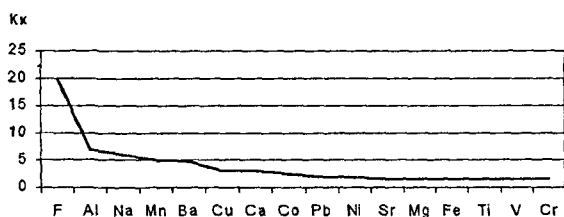


Рис. 3. Кк элементов (валового содержания) в органических горизонтах почвы вблизи ИркаЗа (до 1 км)

Среди химических элементов в почвах, как и в снеге, более всего накапливается фтор. Его коэффициент концентрации по отношению к фону почти на порядок больше по сравнению с другими элементами.

По характеру распределения выявлены определенные устойчивые связи и выделены три группы химических элементов с разной концентрацией в системе снег-почва. Первую группу химических элементов (F, Al, Na, Mn, Ba) характеризует высокое содержание в снеге с превышением концентраций эле-

ментов более 50 раз по сравнению с фоном и среднее содержание в почве с превышением в 5 раз. Вторую группу (Ca, Cu) – повышенное содержание в снеге с превышением в 25-50 раз и низкое в почве (в 3-5 раз). Третью группу (Co, Ni, Sr, Mg, Fe, Ti, V, Cr) – среднее содержание в снеге (в 8-25 раз) и очень низкое в почве (менее чем в 3 раза). Связь концентрации элементов в снеге и почве свидетельствует об их техногенном происхождении.

При этом по валовому содержанию Al, Na, Mn и Ba входят по шкале Добровольского (1999) в категорию слабого загрязнения; а элементы второй и третьей группы – в категорию природной флуктуации содержания металла и отдельными сигналами загрязнения. По активным (кислоторастворимым) формам металла, они входят в категории более сильного загрязнения.

Существенные различия концентраций в снеге и почвах позволяют предполагать выщелачивание элементов, поглощение их растениями, вынос в грунтовые воды, а также вынос талыми водами в пониженные элементы рельефа долин р.р. Олхи и Иркутта. Это подтверждается уменьшением доли кислоторастворимых форм элементов за лето, высоким содержанием элементов в растениях, грунтовых и в весенних речных водах по исследованиям ПГО “Сосновгеология” (1992), Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (1999), Иркутского государственного университета (1997).

Максимальные концентрации элементов наблюдаются в органогенных горизонтах (рис. 4), которые являются для них геохимическим барьером. С глубиной содержание элементов в почве уменьшается. Концентрации Ba, Co, Sr, Mg, Fe, Ti, Cr, V, K достигают значений на контрольной территории, а Al, Mn, Cu, Pb, Ni близки к ним. Однако содержание F, Na, превышающее фоновое, наблюдается по всему профилю почв, несмотря на резкое уменьшение. Это говорит об их миграции по всему корнеобитаемому слою.

По нашим расчетам доля элементов, закрепившихся в почве от числа выпавших за период работы завода для F, Na и Ca, составляет 70-90% (табл. 1). Несмотря на высокую потенциальную растворимость они сорбировались почвой благодаря ее высокой поглощательной способности. Остальные элементы почти полностью закрепляются в почве, при незначительных потерях Al, Mn, Cu, Pb, Ni.

По образному выражению В. Н. Сукачева (по Воробейчик и др., 1994) лесная подстилка - это зеркало биогеоценоза, один из основных аккумуляторов поллютантов. Накопление подстилки - это критерий незавершенности биогеохимических циклов, вследствие чего снижаются продуктивность и устойчивость экосистем. Причиной торможения процессов деструкции растительного опада является подавление вплоть до полной элиминации крупных почвенных сапрофагов и снижение активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, в результате метаболизма которых происходит накопление в почвенном субстрате аминокислот.

Очевидно, что при загрязнении почвы происходит снижение биохимической активности – одного из важных показателей ее состояния как компонен-

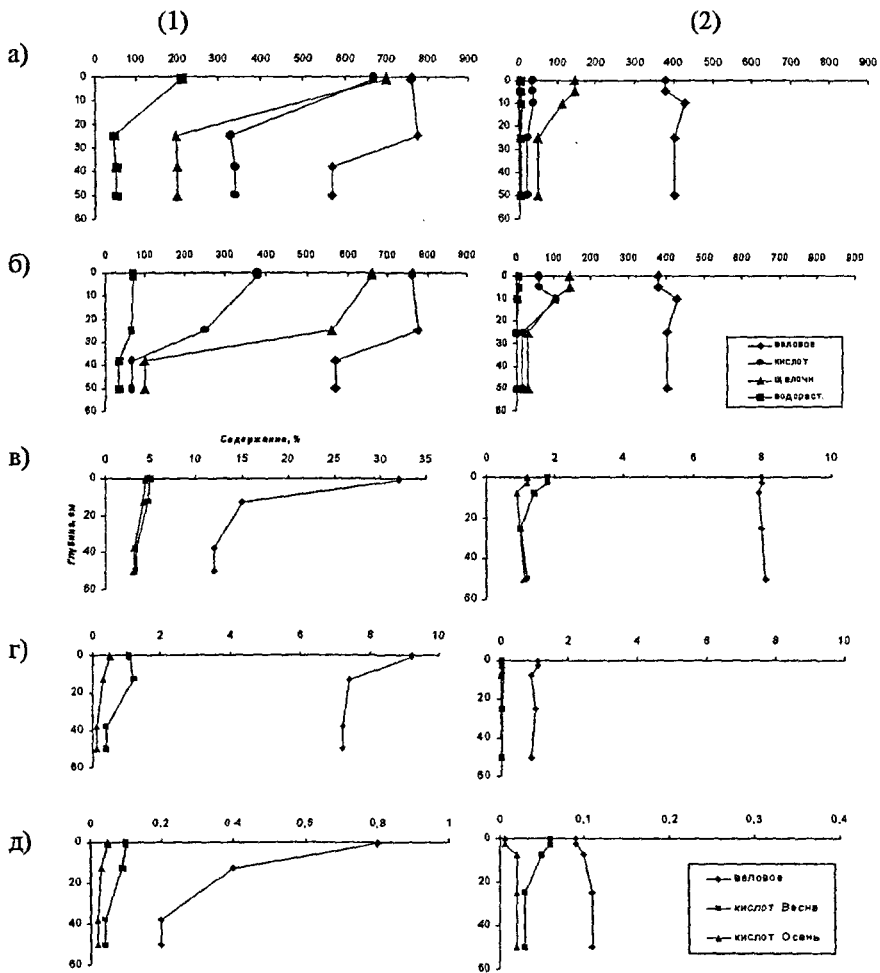


Рис. 4. Распределение различных форм:
 а) F весной, б) F осенью (мг/кг), в) Al, г) Na, д) Mn (%) по
 профилю почвы, в 0,5 км (1) к С-В и 70 км (2) к Ю-В от ИркаЗА.

та экосистемы. Установлено, что вблизи завода наблюдается увеличение мощности подстилки (рис. 5) в результате торможения деструкции органического вещества, что обусловлено снижением целлюлазной активности (табл. 2) из-за высокого накопления поллютантов.

Важное значение в обеспечении почв основными элементами питания имеет уреазы - фермент, который принимает активное участие в процессах разложения органического азота на соединения, доступные для растений. Опреде-

Содержание элементов в почве и выпавших за весь период работы завода до 1996 г. (рассчитано по снежному покрову), т/км²

Элемент	Содержание в почве		Поступило техногенного вещества за весь период работы завода			Закрепилось	Выбыло из почв	% вывешего
	вблизи ИРКАЗа (до 1 км)	в 70 км от завода	Растворенного в снеговой воде	Нерастворенного	всего			
Al	49053	33770	42,2	15342	15434,2	15283	151	1,0
Ca	18443	17830	20,3	705,6	725,92	613	112,9	18,4
Na	246,6	32,1	260,8	14,2	275	214,5	60,5	28,2
Mg	5383	4949,2	16	418	433,6	433,8		
F	669	267	377,6	67,2	444,8	408	36,8	9
Mn	550	406	1,6	145,6	147,2	144	3,2	2,2
Ba	265	223,2	1,3	40,5	41,8	41,8		
Cu	21	15,54	0,1	5,4	5,5	5,46	0,05	
Co	5,9	5,12	0,02	0,76	0,78	0,78		
Pb	13,8	9,7	0,21	3,9	4,11	4,1	0,01	
Ni	27,5	20,6	0,22	6,71	6,93	6,9	0,03	
Sr	113	102,6	0,31	10,1	10,4	10,4		

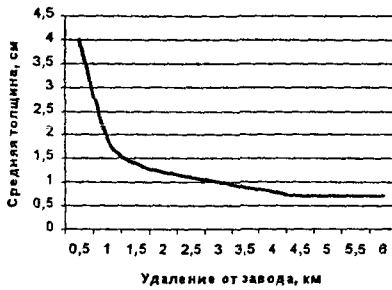


Рис. 5. Изменение средней толщины подстилки в зависимости от расстояния до источника эмиссии

Таблица 2
Потенциальная скорость деструкции целлюлозы (% в сутки) в зависимости от расстояния до завода в северо-восточном и юго-восточном направлениях

Км	Расстояние до завода				
	0,5	1	2	6	70
Направление	С-В				
%	0,1	0,2	0,5	0,5	
Направление	Ю-В				
%	0,06	0,2	0,3	0,3	0,6

ление биохимической активности экспресс - методом (Аристовская, Чугунова, 1989) показало снижение скорости разложения мочевины в образцах почв, отобранных вблизи ИркаЗа (в 6; 2; 1 и 0,5 км) по сравнению с контрольными (соответственно в 3, 6, 7, 11 раз). Это коррелирует с возрастанием загрязнения почв, прежде всего фтором, а также согласуется со снижением всхожести семян и уменьшением длины проростков сосны и салата, что рассматривается как показатель токсичности почв (рис. 6).

По данным многочисленных исследований (Эрлих, 1981; Стефурак, 1982; Евдокимова и др., 1984; Смит, 1985; Гришина и др., 1990; Гришко, 1996 и др.) снижение деструкции органического вещества и биохимической активности происходит в результате загрязнения почв фтором, тяжелыми металлами (Pb, Cu, Ni и др.).

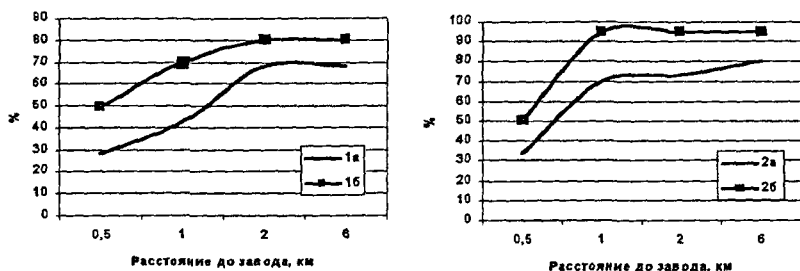


Рис.6. Средняя всхожесть (а) и длина проростков (б) для сосны (1), салата (2) в зависимости от расстояния до завода.

Это подтверждается кривыми зависимостей доза-эффект (которые рассматриваются в дальнейшем) для F, Al, Na, Ba, Pb, Ni (например, рис. 7). Для остальных исследуемых элементов зависимость отсутствует.

Основные показатели гумусного состояния почв относятся к числу консервативных свойств, формирующихся в течение длительного времени и столь же долго сохраняющихся. Однако воздействие человека на почвы становится настолько интенсивным, что происходят изменения этих устойчивых свойств. В условиях повышенной техногенной нагрузки в исследуемых почвах наблюдается уменьшение содержания активного гумуса, играющего важную роль в обеспечении растений биофильными элементами, и увеличение доли связанного с Са и прочно связанного с минеральной частью почвы гумусового вещества (табл. 3).

Можно полагать, что отмеченные различия в составе гумуса, связаны, как и по данным Н.П.Кремленковой (1993) с вытеснением Са фтором из ППК и связыванием его с подвижными гуминовыми кислотами, а также как и по данным других исследователей (Манская и др., 1958; Shukla, 1971; Степанова, 1974; Туев и др., 1980; Журавлева, 1978; Гутиева, 1980; Гришина, Фомина, 1984 и др.)

Состав гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте почв на разном расстоянии от завода к Ю-В, % к общему С почвы.

Расстояние	Общий С	ГК				ФК					ГК — ФК	Негидролиз. Остаток
		1	2	3	Σ	1а	1	2	3	Σ		
0,5	4,13	5,6	6,7	3,9	16,2	2,4	4,3	9,1	7,0	18,8	0,86	70,0
1	8,9	7,1	2,8	0,9	10,8	4,6	4,2	8,8	6,2	19,8	0,55	69,4
2	10,0	11,4	1,7	14,4	27,5	6,8	4,3	4,4	4,2	20,7	1,33	45,8
6	1,69	15,9	1,3	14,2	31,4	23,7	6,6	4,3	4,2	38,8	0,81	30,0
20	5,0	17,2	1,2	7,8	32,2	21,8	8,2	4,1	5,4	39,5	0,82	28,3
70	2,1	17,9	1,2	11,4	30,5	23,8	8,3	1,4	4,4	37,9	0,80	34,2

с образованием труднорастворимых соединений органических веществ с металлами. Это подтверждается кривыми зависимостей доза-эффект для Al, Na, Ba и F. Для остальных исследуемых элементов такая зависимость отсутствует.

Техногенные выбросы алюминиевого завода неоднозначно влияют на содержание подвижных (обменных) форм азота, фосфора и калия. Чаще всего они негативно отражаются на запасах элементов минерального питания (табл. 4). Лимитирующим из элементов питания в почвах с повышенной техногенной нагрузкой явился фосфор. Количество NO_3 в почвах по мере приближения к источнику загрязнения уменьшается (от 8 до 1 мг/100 г), что говорит об ухудшении состояния почв, в том числе и санитарного и связано с подавлением процесса нитрификации в результате техногенного загрязнения. Это подтверждается кривыми зависимости доза-эффект.

Содержание 1* — NH_4 , 2 — K_2O , 3 — P_2O_5 в почве в зависимости от расстояния и направления от завода, мг/100 г

*	Расстояние от завода, км			
	0,5	1	2	6
Ю-В				
1	70	70	65	74
2	8	11	11	17
3	1	2	13	15
С-З				
1	71	29	34	47
2	7	11	8	12
3	0	6	13	13
С-В				
1	40	87	119	120
2	10	12	21	24
3	5	10	13	16

3. Нормирование техногенных нагрузок на почвы зоны влияния алюминиевого завода должно базироваться на оценке пространственной изменчивости их свойств с выявлением допустимых и недопустимых концентраций элементов - загрязнителей.

С учетом ущерба наносимого другим компонентам окружающей среды и здоровью населения (в том числе), территорию, прилегающую к алюминиевому заводу, следует рассматривать как экологически неблагоприятную. Специалистам разного профиля необходимо разработать комплекс мер по выходу из сложившейся ситуации. Пересмотр утвержденных предельно допустимых выбросов (ПДВ), с учетом особенностей природно-климатических условий на основе экологического нормирования, и есть один из них.

Под экологическим нормированием (Воробейчик и др., 1994) понимают процесс разработки регламентов антропогенного воздействия на окружающую среду, соблюдение которых гарантирует нормальное функционирование экосистем. Экологическое нормирование в отличие от санитарно-гигиенического более объективно, хотя и базируется на нем, так как стремится учесть не только влияние на человека, но и на всю экосистему. Практических работ в этой области очень мало (Степанов, 1990; Арманд и др., 1991; Лепнинский, 1990; Самойлова и др., 1990; Изразль и др., 1988; Тэрице, Покапжевский, 1991 и др.). В одной из последних наиболее разработанных концепций экологического нормирования – Е.Л.Воробейчик и др. (1994) возможность произвольности сведена к минимуму.

Предельные нагрузки устанавливаются (как и в санитарно-гигиеническом нормировании) путем выделения критических точек на кривой зависимости доза-эффект, построенной для основных и коррелятивных переменных, закономерно изменяющихся в градиенте загрязнения. Под критической точкой понимается начало наиболее стремительного изменения параметра. Предельно допустимая экологическая нагрузка (ПДЭН) - это минимальная из предельных нагрузок по набору параметров.

Кривые зависимости доза-эффект имеют выраженную “ступенчатость”. Реакция экосистем на загрязнение существенно не линейна. Имеется два уровня средних значений, соответствующих фоновому и импактному состояниям, с очень резким переходом между ними. Другими словами, экосистема реагирует на увеличение загрязнения не постепенным, а резким изменением параметров. Существование порога в реакции экосистемы, то есть области нагрузок, при которых не обнаруживаются существенных изменений (нет резкого перехода), есть проявление феномена устойчивости экосистемы, наличия у нее эффективных механизмов саморегуляции. Соответственно подпороговые значения нагрузок оценивают “запас гомеостатичности” экосистемы (Экосистемы..., 1989), в пределах которого воздействия на нее допустимы.

В результате анализа кривых зависимости доза-эффект по различным параметрам (например, по биохимической активности, рис. 7) выявлены максимально допустимые и недопустимые концентрации валовых и подвижных

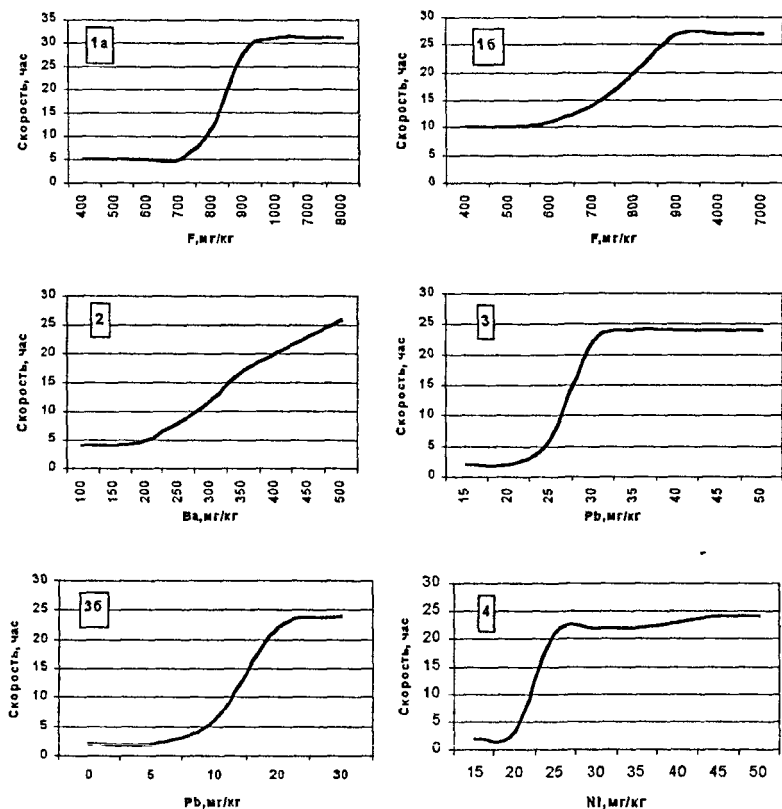


Рис. 7. Биохимическая активность почв (скорость деструкции мочевины до рН=8, час) в зависимости от содержания F валового (1а), кислоторастворимого (1б), Ва кисл. (2), Pb вал. (3а), кисл. (3б), Ni кисл. (4).

форм различных элементов (F, Al, Na, Ba, Pb, Cu и Ni), что позволило провести нормирование техногенных нагрузок по основным показателям почв (табл. 5). Максимально недопустимые содержания элементов в основном приходятся на расстояние 0,5-2 км от завода. Показатели, связанные с деструкцией органического вещества в большей степени коррелируют (прослеживается четкая зависимость доза-эффект) с содержанием F и Pb, а показатели, связанные с доступностью лимитирующих элементов минерального питания растений – с содержанием Al, Na, Ba, Pb, Cu.

Установленные нами предельно допустимые и недопустимые содержания в почве большинства элементов больше санитарно-гигиенических ПДК (которые установлены для дерново-подзолистых почв, более чувствительных к техногенному загрязнению), что еще раз доказывает невозможность экстраполяции ПДК для почв разных эколого-геохимических условий.

Таблица 5

Максимально-допустимая (нижняя критическая точка Н) и не допустимая (верхняя критическая точка В) нагрузка (по снежному покрову) для различных элементов, т/км² в год

Параметр	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н
	F		Al		Na		Ba		Pb		Cu		Ni		Твердое вещество	
Средняя толщина подстилки	7,0	3,8	-	-	X	1,6	X	1,0	-	-	-	-	X	14,0	X	2,4
Биохимическая активность	7,4	4,0	-	-	-	-	X	0,12	26	6,8	-	-	16,8	12,4	X	3,2
Содержание NO ₂ как показатель санитарного состояния почв	5,2	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Содержание P ₂ O ₅	-	-	57	23	4,6	0,8	-	-	20	8,1	20	5,2	20,4	14,8	12,8	2,4
Скорость деградации целлюлозы	7,0	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Содержание ФК-1а «активный гумус»	6,2	X	52	19	4,0	2,4	0,8	0,04	-	-	-	-	-	-	10,2	2,2
Токсичность	-	-	42	20	4,4	-	-	-	32	10,6	X	10	19,2	12,4	12,4	2,5
По наиболее чувствительному параметру	5,2	2,4	42	19	4,0	0,8	0,8	0,04	26	6,8	20	5,2	16,8	12,4	10,2	2,2
Предельно-допустимые выбросы установленные на заводе.	-	53,4	-	-	-	0,2	-	-	-	0,5	-	0,03	-	-	-	2,3
Необходимая кратность снижения существующего уровня выбросов, раз.	1,4	3,6	-	7,4	1,2	6	0	10	0	3,4	3,4	12,9	3,7	26,2	-	2,1

* – зависимости доза-эффект не обнаружено.

X – значения не достигают верхней критической точки

Примечание: Pb, Cu, Ni в кг/км² в год

Максимально допустимые и недопустимые нагрузки (ПДН) элементов в основном приближены к предельно допустимым выбросам (ПДВ), установленным на заводе. Для Pb и Cu значения ПДВ значительно ниже предельно допустимых нагрузок, установленных нами для почв. Это связано с тем, что ПДВ устанавливаются с учетом реакции на человека. Исключение составил фтор. ПДВ, установленные на заводе, в 14 раз выше значений, полученных нами максимальных нагрузок для почвы. Это связано с тем, что фтор в твердых частицах не оказывая негативного воздействия на человека, отрицательно сказывается на свойствах почвы. Значения ПДВ для газообразных фторидов и предельно допустимые нагрузки для почв близки.

С учетом количества выбросов на заводе по нашим расчетам и установленным ПДН необходимая кратность снижения выбросов составляет для различных элементов до 3,7 раз (по максимально допустимым нагрузкам), до 26 раз (по максимально недопустимым).

Основными природоохранными мероприятиями должны быть технические: изменение технологии, усиление эффективности очистных сооружений, а также жесткий контроль по соблюдению утвержденных нормативов.

Зарубежный и отечественный опыт снижения выбросов (Аншиц и др., 1991) показывает, что производство алюминия с использованием обожженных анодов, с последующей сухой очисткой отходящих газов позволит снизить в 1,5 раза энергозатраты и резко сократить выбросы ПАУ (в 10 раз) и фторидов (степень извлечения фторидов до 88%). Существуют и другие технические решения снижения выбросов.

Нормативы должны соответствовать технологическому уровню производств (после смены технологии не следует увеличивать объем производства и доводить его до установленных ПДВ) и особенностям природно-климатическим условий учитывая воздействие на всю экосистему в целом, а не на одного человека. Выход из сложившейся ситуации, как уже отмечалось, состоит в пересмотре утвержденных ПДВ.

В ряде стран введены ограничения на количество фтора, ПАУ и других веществ, выбрасываемых заводом. Согласно этим требованиям ограничены и мощности заводов (до 200-300 тысяч тонн алюминия в год). В отличие от зарубежных заводов для российских характерна высокая концентрация производства и низкий уровень утилизации вредных веществ.

В случае загрязнения почв рекомендуется проведение механических, химических и агрономических природоохранных мероприятий. При этом следует учитывать, что все они могут оказывать не только положительное, но и негативное влияние (Минеев, Алексеев, 1981; Гончар, 1986; Мотузова, 1988).

Загрязненные земли должны исключаться из сельскохозяйственного производства, где возможно проведение комплекса лесоводственных мероприятий. При невозможности вывода их из использования необходимо выбирать устойчивые к загрязнению сельскохозяйственные культуры (овощи, у которых в пищу используются корнеплоды, зерновые и многолетние травы).

Необходимо сохранить зеленую зону городов, производить лесонасаждения поперек преобладающего воздушного переноса из газостойчивых лиственных пород в целях очищения атмосферного воздуха от газообразной примеси и пыли. Также необходимо озеленение и правильная планировка г. Шелехова (в городе фиксируется значительное количество штилей), которая могла бы способствовать рассеиванию воздушных масс.

Выводы

Основные результаты исследования могут быть представлены в виде следующих выводов:

1. Установлено, что территория вблизи ИркаЗа, судя по анализу снега, интенсивно загрязняется техногенным веществом. В его составе F, Mn, Al, Ba и Na превышают контрольные значения более чем в 100 раз. Более 95% выбросов, за исключением F, Al и Na около завода находится в твердой фазе снега. При удалении от завода содержание элементов резко снижается.

2. Среди химических элементов в почвах, как и в снеге, более всего накапливается фтор, - элемент 1 класса опасности, коэффициент концентрации которого почти на порядок больше, чем других элементов. Его максимальное содержание в растворе снеговой воды достигает в разные годы 55-66 мг/л. При удалении на 1-3 км уровень концентрации элемента снижается до 5-10 мг. Прилегающие к заводу населенные пункты находятся в ареале, где концентрация фтора в снеге, в несколько раз превышает ПДК.

3. По распределению химических элементов выявлены определенные устойчивые связи с выделением трех групп разной концентрации в системе снег-почва, что свидетельствует об их техногенном происхождении. Расчеты по соотношению элементов, выпавших с осадками за время работы завода и закрепившихся в почве показали, что за этот период из почвы вынесено фтора, натрия и кальция от 9 до 30%, благодаря их высокой растворимости. Остальные элементы в большей степени накапливаются в почве.

4. Накопление поллютантов вблизи завода обуславливает снижение биохимической, в том числе целлюлазной активности, увеличение мощности подстилки в результате торможения деструкции органического вещества. С этими показателями согласуется снижение всхожести семян и уменьшение длины проростков сосны и салата, рассматриваемое как токсичность почв.

5. В почве с повышенной техногенной нагрузкой вблизи завода показано снижение активного гумуса, играющего важную роль в обеспечении растений биофильными элементами, возрастание доли связанных с Ca и прочно связанных с минеральной частью почвы гумусовых веществ.

6. Техногенные выбросы алюминиевого завода неоднозначно влияют на содержание подвижных (обменных) форм азота, фосфора и калия. Чаще всего они негативно отражаются на запасах элементов питания.

7. В результате анализа кривых доза-эффект по различным параметрам выявлены максимально допустимые и недопустимые концентрации валовых и

подвижных форм F, Al, Na, Ba, Pb, Cu, Ni (для остальных элементов зависимость отсутствует), что позволило провести нормирование техногенных нагрузок. Максимально недопустимые содержания элементов в основном приходятся на расстояние 0,5-2 км от завода. С учетом существующего количества выбросов на заводе необходимая кратность его снижения составляет для различных элементов до 3,7 раза (по максимально допустимым нагрузкам).

8. С учетом ущерба наносимого другим компонентам окружающей среды (в частности проявляющегося в угнетении древостоев, загрязнении грунтовых вод) и здоровья населения по причине загрязнения атмосферного воздуха, территорию, прилегающую к алюминиевому заводу, следует рассматривать как экологически неблагоприятную. Специалистам разного профиля необходимо разработать комплекс мер по выходу из сложившейся ситуации. Пересмотр утвержденных ПДВ - одна из них.

9. Основными природоохранными мероприятиями должны быть технические: изменение технологии, усиление эффективности очистных сооружений, а также жесткий контроль за соблюдением утвержденных нормативов. При этом нормативы должны соответствовать технологическому уровню производств и особенностям природно-климатических условий.

В случае загрязнения почв рекомендуется проведение механических, химических, агрохимических и лесоводственных мероприятий. При этом следует учитывать, что химические мероприятия могут оказывать не только положительное, но и негативное влияние.

Основные публикации по теме диссертации

1. Некоторые результаты исследования техногенного воздействия на снежный покров в Южном Предбайкалье. // Тез. докл. XI научн. конф. молодых географов Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, 1997. – С.30-31.

2. Поступление техногенного вещества в ландшафты Южного Прибайкалья через атмосферу. // Тез. докл. науч. конф. студентов и молодых ученых “Экология Южной Сибири – 2000 год”. – Абакан, 1997. – С.32.

3. Фтор и биологическая активность почв близ ИркаЗа. // Тез. докл. Всероссийск. конф. “Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения”. – М., 1998. – С.58. (в соавторстве).

4. Фтор в геосистемах близ ИркаЗа. // Тез. конф. “Современные проблемы экологии, природопользования и ресурсосбережения Прибайкалья”. – Иркутск, 1998. – С.46-48. (в соавторстве).

5. Химические элементы – загрязнители окружающей среды Иркутского алюминиевого завода. // Мат. к Всероссийск. конф. “Экологический риск: анализ, оценка, прогноз”. – Иркутск, 1998. – С.96-98. (в соавторстве).

6. Растворимость веществ в техногенных условиях. // География и природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С.113-115. (в соавторстве).

7. Техногенное воздействие выбросов алюминиевого завода на почвенный покров юго-западного Прибайкалья // Тез. докл. Докучаевский молодежных чтений '99 "Почва, экология, общество". – СПб., 1999. – С.94.

8. Техногенное воздействие на снежный покров Верхнего Приангарья // География и природные ресурсы. – 1999. – №2. – С.46-51.

9. Изучение воздействия выбросов алюминиевого завода на окружающую среду юго-западного Прибайкалья // Проблемы экологии и природопользования Байкальского региона. Сб. научн. тр. – Иркутск, 1999. – С.41-47.

10. Воздействие техногенных выбросов алюминиевого завода на окружающую среду. // Геосистемные исследования в Сибири. Сб. научн.тр. – Иркутск, 1999. – С.60-70.

Dr