УДК: 550.7 (470.23) : 66.002.68: 355.739
Журнал «Жизнь и безопасность. Экология», №2-3,2004, стр.124-143
Применение методов биоиндикации в горячих точках: полигон Красный Бор

Гольцова Наталья Ивановна
Санкт-Петербургский Государственный Университет (СПбГУ),
Руководитель Национального Координационного Центра России по Международной совместной программе "Мониторинг состояния лесов в связи с воздействием загрязнения воздуха в рамках КОНВЕНЦИИ ЕЭК ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния – КТГЗВ"

ВВЕДЕНИЕ

Использование живых организмов для оценки загрязнений позволяет интегрально оценить меняющуюся экологическую обстановку, степень ее комфортности (пригодности) для существования живого или степень ее токсичности. Ряд видов животных и растений обнаруживают значительно большую чувствительность к загрязнению, чем человек. По их депрессивному состоянию или их отсутствию (гибели) можно судить о состоянии окружающей среды. Состав видов, численность, морфологические параметры и состояние живых организмов могут дать исчерпывающую информацию о качестве воды, воздушной среды и почвы исследуемой территории. По повреждениям тканей растений и животных можно судить о характере загрязняющих веществ и их концентрации. Регистрирующие структуры деревьев (годичные кольца) позволяют восстановить динамику окружающих условий в течение всей жизни дерева, т.е. за 50-100 лет. При этом оценка может быть дана с точностью до года, но при необходимости (как, например, это требовали обстоятельства вблизи Чернобыльской АЭС) уточнена до 1-5 дней (Гольцова, Абатуров, 1991). Применяемые нами методы признаны в России и за рубежом. БиНИИ СПбГУ официально определен Министерством природных ресурсов РФ и Директором поселений ЕК ООН как центр по проведению мониторинга загрязнений лесных территорий России в рамках КТГЗВ. Наши данные по биоиндикации включены в общеевропейские отчеты (ICP-Forests; Intensive monitoring of forests; ICP- Vegetation) и отчеты Северных стран (картирование воздушных выпадений тяжелых металлов с помощью мхов, отчеты – “Atmospheric heavy metal deposition in Nordic countries”, 1991, 1995, 1996, 2002 — раз в пять лет). В течение более чем двух десятков лет нам представилась возможность откартировать различного рода загрязнения и восстановить сценарий их развития в ряде «горячих» точек (Чернобыль-Припять после аварии, факел Нарвских ГРЭС в Кингисеппском и Сланцевском районах, Колпинский район и СЗЗ полигона Красный Бор, Кириши), в городских районах и районах области.

Методы биоиндикации получают все большее признание в мире. Например, наша организация, как головная, участвует в двух общеевропейских международных проектах мониторинга воздушных загрязнений методами биоиндикации:

1) по картированию и оценке воздушных выпадений тяжелых металлов с помощью мхов (программа выполняется северными странами и Россией в нашем лице с 1990 по 2000 с отчетом карт раз в 5 лет, а с 2000 г. к ней подключилась вся Европа, отчеты изданы Советом Министерств северных стран и ЕЭК ООН – последний отчет карт с нашими данными был издан в 2003 г.- Heavy metals contents of mosses in Europe,2003);

2) по мониторингу повреждения крон и состояния лесных экосистем в связи с загрязнением воздуха в рамках Конвенции КТГЗВ (сокращенно: ICP-Forests, UN/ECE).

ЕЭК ООН печатает общеевропейские отчеты ежегодно (Forest Condition in Europe.1989-2003)

По обеим программам централизованного финансирования нет — работы должны проводиться за счет «национального финансирования участвующей страны». Несмотря на отсутствие финансирования, работы в международной 'упряжке' позволили нам не только откалибровать методологию исследования, но и решить ряд вопросов, трудно решаемых в рамках нашей страны. Например, с помощью высокоточных приборов и станций непрерывного мониторинга воздуха на загрязненных и фоновых лесных территориях Северных стран далось сделать привязку накопления каждого тяжелого металла в лесных мхах и их выпадений на квадратный метр по ежесуточному приборному мониторингу станции слежения. Это позволяет пересчитывать весовые концентрации поллютантов во мхах на их выпадения в тоннах на квадратный километр. Более того, некоторые виды лишайников и кора сосны проявляют высокую корреляцию накопления тяжелых металлов со мхами, поэтому также тяжелых содержание металлов в них может быть пересчитано в выпадения на кв. км (Мовинкел, Стейнес , Гольцова,1995).

Выбор биоиндикации как наиболее информативных методов о состоянии окружающей среды очевиден. Правильно выбранный биологический объект (биоиндикатор) позволит выявить интегральный эффект на живую систему неизвестного токсиканта или целого комплекса загрязнителей (или других действующих факторов). Зачастую правильно подобранный биоиндикатор не только покажет степень опасности повреждающего агента, но и обнаружит опасность раньше, чем приборные методы. Этого нетрудно добиться одним из двух путей:

— за счет выбора наиболее чувствительных видов (например, известно, что сосна и другие хвойные породы более чем на два порядка чувствительнее к радиации, чем береза или другие лиственные деревья (Гольцова, Абатуров,1991; Goltsova, Berlin 1996);

— за счет выбора видов, аккумулирующих вещества-загрязнители и удерживающих их в своих тканях.

В этом случае мы сможем уловить любые следовые концентрации загрязнителей (не улавливаемые даже высокоточными приборами) путем их накопления в тканях организмов, обнаружить их в мимолетных одноразовых выбросах, прошедших незаметно мимо приборных мониторов. Методы биоиндикации позволяют оценить синергический эффект (эффект наложения и усиления) сразу нескольких токсикантов. Нередко случается, что загрязнение происходит не одним веществом, а сразу несколькими. Кумулятивное действие такого «букета» описывается не простым «сложением» эффекта от каждого ингредиента, а обычно усиливается за счет повышения активности одних веществ в присутствии других. Это явление хорошо известно для неорганического мира и нашло широкое применение в виде катализаторов, это справедливо и для живого. Зачастую каждый из токсикантов присутствует в следовых количествах, практически неуловимых приборами, а синергический эффект от них достаточно велик и будет отражен на состоянии биологического индикатора. Иногда наложение нескольких загрязнителей (например, пыль и окислы серы) ослабляет воздействие каждого из них на биологические объекты (например, на древесные растения) за счет реакций нейтрализации, и достаточно большие выпадения становятся неопасны для многих деревьев и других биологических объектов. Но не для всех. Если ситуация хронически повторяется, то лишайники, живущие на коре сосны (она от природы кислая), получат повреждения от выпавших окислов серы, а на оседающей на стволе пыли поселятся лишайники-пришельцы с камней. В этом случае наш метод лихеноиндикации (биоиндикация по лишайникам) легко укажет на наличие выпадений пыли («пришли чужеродцы» на кору сосны) и на окислы (повреждены 'аборигены'). Такая ситуация наблюдается обычно вдоль дорог, в шлейфе цементных заводов. Таким образом, использование лишайников может дать быстрый и простой доступ к информации, характеризующей степень и характер атмосферных загрязнений.

Кроме лихеноиндикации для общеевропейского картирования воздушных эмиссий в рамках КТЗЗВ применяются методы оценки состояния крон деревьев. Потеря хвои (дефолиация), изменение окраски хвои, продолжительность жизни хвои и контроль прироста ствола могут выступать как интегральные показатели (Manual, 1998). В рамках всех 70 стран Европы картируются именно эти биоиндикационные показатели и их ежегодная динамика.

Таким образом, правильный подбор видов биоиндикаторов позволяет получить важную информацию о степени комфортности или токсичности загрязненной окружающей среды, времени наступления событий, их вредоносности для живого, также существенно облегчить (удешевить) приборный анализ, если он все еще необходим (например, для арбитражных процедур), за счет накопления поллютантов в тканях биоиндикатора и сокращения количества необходимых опробований (картирование по выявлению загрязнения осуществить с помощью методов биоиндикации, а для приборной аналитики выбрать только отдельные, например, самые «грязные» пробы). Нами проведено комплексное биоиндикационное обследование территории, примыкающей к полигону «Красный Бор», отличающееся от других экологических исследований в этом регионе оценкой степени повреждения живой природы и ее компонентов, их состояния, а не только определением концентрации поллютантов в воздухе, воде или почве. Опыт и задел для этого имеется немалый. С 1990 г. нами проводится биомониторинг лесов Ленинградской области в рамках выполнения ряда международных конвенций и соглашений, главным образом, в рамках выполнения конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Эта работа в международных отчетах идет как выполнение Конвенции КТГЗВ и Европейской схемы защиты лесов от атмосферного загрязнения, а также конвенции по биоразнообразию. На всей территории Ленобласти нами заложены площадки биомониторинга, откартировано загрязнение каждого района. Около двухсот таких пробных площадей заложены нами на территории лесистых окрестностей Санкт-Петербурга и области, и в том числе на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) полигона «Красный Бор», еще в 1990 г. До настоящего времени они поддерживаются нами и отслеживаются. Очень важно то, что биоиндикационные параметры, полученные нами в СЗЗ полигона, в городской черте или в лесах Ленобласти воспроизводимы (т.е. повторное обследование приведет к аналогичному результату) и могут быть сопоставлены с аналогичными параметрами в других странах, на других полигонах. Это достигнуто нами в результате многочисленных интеркалибровочных экзаменов, которые мы раз в два года успешно проходим в европейских странах. Такое активное участие в международных программах картирования загрязнений с помощью объектов живой природы дает нам совершенно конкретные знания о степени загрязнения в других странах и владение информацией о ситуации загрязнения в нашем регионе.

Целью наших исследований была оценка масштабов воздушного загрязнения на территории СЗЗ полигона 'Красный Бор', вклада деятельности полигона и других источников эмиссий в техногенное загрязнение территории. Для ее достижения провели исследование лесных территорий СЗЗ полигона 'Красный Бор' и при этом:

— оценили масштабы воздушного загрязнения территории и вклад основных источников эмиссий с помощью видов живой природы – лишайников-эпифитов сосны (лихеноиндикации);

— оценили состояние насаждений;

— выявили территории, на которых наблюдается деградация древесного яруса;

— вскрыли возможные причины поражения древостоя; в том числе и ретроспективно оценили динамику радиального прироста деревьев основных лесообразующих пород; – оценили степень загрязнения лесных биоценозов тяжелыми металлами с помощью видов-биомониторов, способных аккумулировать поллютанты;

— в зимнее время проанализировали пробы снега на токсичность путем биотестирования и провели аналитические измерения как на неорганические, так и органические загрязнители.

Работы еще продолжаются, но некоторые результаты считаем нужным кратко изложить в данной публикации.

Биоиндикация загрязнения воздуха с помощью лишайников (лихеноиндикация)

Роль лишайников, как биоиндикаторов атмосферного загрязнения, общепризнана. У лишайников нет восковой кутикулы или другого внешнего слоя для защиты от влияния окружающей среды или снижения водных потерь. Вся их поверхность в течение суток открыта для диффузии любого химического вещества, находящегося в воздухе. Все химические вещества, которые получают доступ в таллом (тело) лишайника, могут затем аккумулироваться в нем. Лишайники – это симбиотические организмы, тело их состоит из гиф гриба и клеток зеленых или сине-зеленых водорослей. Водорослевый слой обладает наибольшей метаболической активностью и в связи с этим наиболее чувствителен к повреждению атмосферным загрязнением. Другими причинами чувствительности лишайников могут быть низкая скорость метаболизма и нарушение проницаемости мембран, приводящее к выходу калия под действием двуокиси серы. Андерсон и Трешоу (1978) обнаружили, что одна единственная экспозиция двуокисью серы может нарушить сообщество лишайников. Лишайники, обитающие на соснах, наиболее уязвимы, потому что местообитание их (кора сосны) закислено. Под действием загрязнения оно становится непригодным для существования лишайников раньше, чем концентрации загрязнителей в воздухе достигнут предельных для лишайников значений (Лиив, 1973, Горшков,1991). Действие фторидов на лишайники может быть таким же значительным, как и сернистого газа. Вокруг источников выбросов алюминия, заводов по производству фосфатов, титана, керамики, а также вокруг источников выбросов фторидов отмечено снижение численности и многообразия сообществ лишайников. Критический порог составляет примерно 20-80 $млн^{-1}$ в талломе. Быстрее всего снижалось число эпифитных видов (полностью отсутствовали при 50 $млн^{-1}$ фторидов в массе лишайника) (Gilbert, 1971, Hash,1980). Наибольшая аккумуляция фторидов лишайниками отмечена на ближайших к заводам участках. Она объясняется загрязнением поверхности лишайников, активным поглощением, ионообменными процессами и образованием хелатов. Лабораторные фумигационные исследования показали, что хлоротические повреждения, обесцвечивание и скручивание краев таллома наблюдается у устойчивого вида Hypogimnia physodes при воздействии 13-130 $млрд^{-1}$ НР (II-I06 $мкг/м^3$) за 36 часов экспозиции, или 3,9 $млрд^{-1}$ (4 $мк/м^3$) за 9 суток экспозиции (Nash,1980). Для многих лишайников характерна абсорбция неорганических катионов в количестве, превышающем их потребность. По мнению ученых (James,1973), в зависимости от типа субстрата лишайник накапливает до 10 000 $млн^{-1}$ цинка, до 1000 $млн^{-1}$ хрома и до 600 $млн^{-1}$ никеля. Способность лишайников аккумулировать такие высокие концентрации делает их особенно пригодными для исследований загрязнений вокруг источников эмиссий. Если учитывать высокую способность к аккумуляции, их толерантность (устойчивость) к тяжелым металлам выглядит очень значительной. В нашем исследовании главное внимание мы уделяли изучению эпифитной лихенофлоры сосны. По литературным данным (Treshaw, 1984), на соснах обитают 69 видов лишайников. Соотношение видов, появление на коре сосны видов, присущих другим видам растений (имеющим, например, щелочную или нейтральную кору), а также проективное покрытие ствола лишайниками на разных уровнях от земли (0-1,5 м) могут характеризовать, в первую очередь, степень загрязнения воздушного бассейна, что и легло в основу применяемых нами методов. Учет состояния эпифитных лишайников нами проводился на 4-х уровнях ствола (0,6 м, 0,9 м, 1,2 м, 1,5

м) и у основания. Всего на 30 пробных площадях (п.п.) обследовано по 10 особей сосны в каждой исследуемой точке (рис. 1).

Рис. 1 Пробные площади для биоиндикационных исследований по лишайникам-эпифитам сосны.

В работе мы следовали финскому стандарту SFS-5670, рекомендациям, данным ЕЭК ООН (Manual, 1998; Field manual,1989;Forest damage,1989), эстонских лихенологов (Лиив, 1973; Трасс, 1978). Изучаемые лесные насаждения Колпинско-Тосненского региона сильно обеднены видами лишайников, живущих на стволах сосен – это следствие неблагоприятной воздушной обстановки (оксиды серы, фтористые соединения и др.). Вместо 20 видов, предусмотренных для учета по методике SFS-5670 , наблюдается в среднем только от 7,7±2,2 видов, на фоновых участках до 2,4±1,9 в Ульяновском массиве в зоне воздействий. Это с учетом лишайниковых видов, обитающих в основании дерева, где в силу более благоприятных физических условий (прикрытие снежным покровом в зимний период, повышенная влажность в остальное время года) большее число видов сохраняет возможность к выживанию. Выше основания ствола сосен в среднем по всему исследованному массиву встречается ничтожно малое число видов лишайников (1,63 вида). Весь обследованный район носит черты длительного хронического воздействия поллютантов. На 53 % пробных площадей из числа исследованных видов (рис. 2) полностью нарушен лишайниковый покров деревьев: на 13 % наблюдается полная гибель лишайников на всех высотах, включая основание ("лишайниковая пустыня": п.п. 8, 9 и 10 в районе Никольского; 3А – в шлейфе печей полигона), на 16 % отмечены только следы лишайников и только в основании (выше 0,6 м – полное отсутствие: п.п. 9А – между полигоном и глиняным карьером, 5 – к востоку от полигона, 16, 18 и 19 – у Никольского промузла); на 10 % – только следы лишайников хотя бы на одном из уровней (в основании ствола – отсутствовали: п.п. 17 – у с. Никольского, 5 и 1 – на опушке леса, обращенного в сторону Колпинского промузла, вблизи ул. Понтонной.

Рис. 2. Зоны нарушения лихенофлоры коры сосны

Оставшиеся 47 % пробных площадей скорее следует отнести к зоне "борьбы" по традиционной среди лихенологов классификации зон загрязнения, чем к зоне нормального развития лишайников. Концентрации двуокиси серы (0,10-0,15 мг/куб. м) могут вызвать формирование как зоны разрушения (зоны "борьбы"), так и зоны полного разрушения лишайникового покрова (Горшков,1991). К тяжелым металлам они устойчивы и основной причиной гибели лишайников, по-видимому, является двуокись серы, хотя наблюдаемые в развитии лишайникового покрова изменения правильнее считать результатом совместного действия загрязнителей, поскольку разделить их влияние невозможно. Действие загрязнения фторидами на лишайники столь же значительно, как и сернистого газа (Горшков, 1991). Одним из надежных критериев загрязненности воздуха считают снижение проективного покрытия стволов сосен устойчивым видом лишайников – Hypogymnia physodes. Этот вид встречается в парках города, до определенного предела может выносить кислые выпадения от транспорта, мелких производств. Он исчезает самым последним из всех лишайников сосны. Картирование изучаемой территории с помощью этого параметра приведено на рис. 3. Хорошо заметны повреждения от шлейфов полигона (не более 500 м на СВ), от глиняного карьера, Ижорского и Никольского промузлов.

Рис. 3. Зоны поражения лишайника Hypogymnia physodes. Сплошной линией обведены шлейфы источников загрязнения.

Рис. 4. Ореолы повреждения биоты на высоте до двух метров (летального и сублетального повреждения лишайников) как результат эмиссии от основных заводов-загрязнителей (ореолы шлейфов обозначены сплошными овальными линиями)

На рис. 4 заштрихована зона повреждения и очерчены ореолы от основных очевидных источников загрязнения. Четко выделяется зона влияния Ижорского промузла (в левом верхнем углу), полигона 'Красный Бор', а также неизвестного источника на юго-западе и юге от полигона. Это может быть влияние автодороги, густой сети домов с печным отоплением и котельной пос. Красный Бор, а также выхлопов механизмов, работающих в карьере. Основные участки загрязненного леса расположены на фронтальных линиях насаждений, обращенных к наиболее существенным источникам загрязнений: восточная зона – к предприятиям г. Никольского (повреждение насаждений в 1,5 км от кирпичного и керамического заводов), северо-западная зона, опушка леса около полей, обращенная к Ижорскому промузлу (4,5 км до Ижорского завода и 3,5 км до Колпинского жилого массива) и центральная зона – к полигону Красный Бор (вплотную к зоне печей). Зона лесов с повышенной загрязненностью воздуха в районе полигона не превышает 500 м к Западу от полигона и 600-750 м к востоку от печей полигона, где она сливается с насаждениями, испытывающими воздействие эмиссий со стороны г. Никольское. В южном направлении в 500 м от территории полигона находится пробная площадь п.п. 11 с удовлетворительным состоянием лишайникового покрова для данного региона (4 вида лишайников), в северном – в 700 м и 750 м пробные площади в удовлетворительном состоянии (п.п. Д и п.п. 6 соответственно). Картирование зон воздушного загрязнения по видовому составу лишайников, присутствию-отсутствию отдельных видов позволяет установить ряд подробностей. Наряду с перечисленными мертвыми зонами – "лишайниковыми пустынями" от производств хорошо выделяется зона разрушения лишайникового покрова вдоль автодорог – вдоль ул. Понтонной, дороги на бывшую свалку Усть-Тосна и полигон, дороги на глиняный карьер. Зона влияния кислых газов достаточно протяженная – на территории глиняного карьера и на восток и северо-восток от него.

Отсутствие лихеноиндикационной пробной площади между п.п. 6 и п.п. У1 (или п.п. У и УШ) не позволяет точно указать, смыкается ли шлейф от печей полигона с западной частью шлейфа Никольского промузла или существует между ними перемычка. Но совершенно ясно, что вокруг г. Никольского существует обширнейшая лишайниковая пустыня с зоной полного разрушения лишайникового покрова (п.п. 8, 9, 16 – 20), переходящей в зону нарушений (п.п. 7 и 15). Наличие пробных площадей с видовым составом более 4-х видов (зона "борьбы", или сравнительно удовлетворительного состояния лишайникового покрова для этого техногенно загрязненного района) позволяет разделить шлейфы от предприятий, транспорта и глинодобычи. А на рис.5 в мелкомасштабном виде представлены все основные предприятия-загрязнители и их щлейфы. Трубы Ижорского завода и завода Металлострой – самые высокие в регионе и имеют высоту более 60 м, трубы Никольского промузла незначительно ниже (до 35м). УТО(печи) полигона Красный Бор Имеют высоту труб 5 м , а окружающие полигон зеленые насаждения – до 15 м. Полигон расположен в низине (17-19 м над уровнем моря), и если смотреть на него с доминируещей высотки поселков Кр. Бор, Феклистово, Поркузи (43 м над уровнем моря), то труб полигона не видно из-за деревьев.

Трубы Ижорского завода доминируют над местностью, включая и ССЗ полигона. Никольский промузел расположен на высоком правом берегу р. Тосна, поэтому его 40м трубы (особенно завода Сокол, находящемся на отметке 53 м над уровнем моря) тоже доминируют над территорией СЗЗ полигона, но с ЮВ. На схематических рисунках 4 и 5

нарисованы только зоны летального/сублетального воздействия шлейфов Ижорского и Никольского промузлов. В действительности же их хроническое влияние шире и перекрывается над полигоном и соседними поселками, в том числе и над поселком Красный Бор. Высотный тонкодисперстный шлейф Ижорского завода достигает высотки поселка Красный Бор и полностью накрывает весь поселок . А с завода Сокол высотные тонкодисперстные выпадения задевают только с востока пос. Красный Бор и Ульяновку, формируя лишайниковую пустыню.

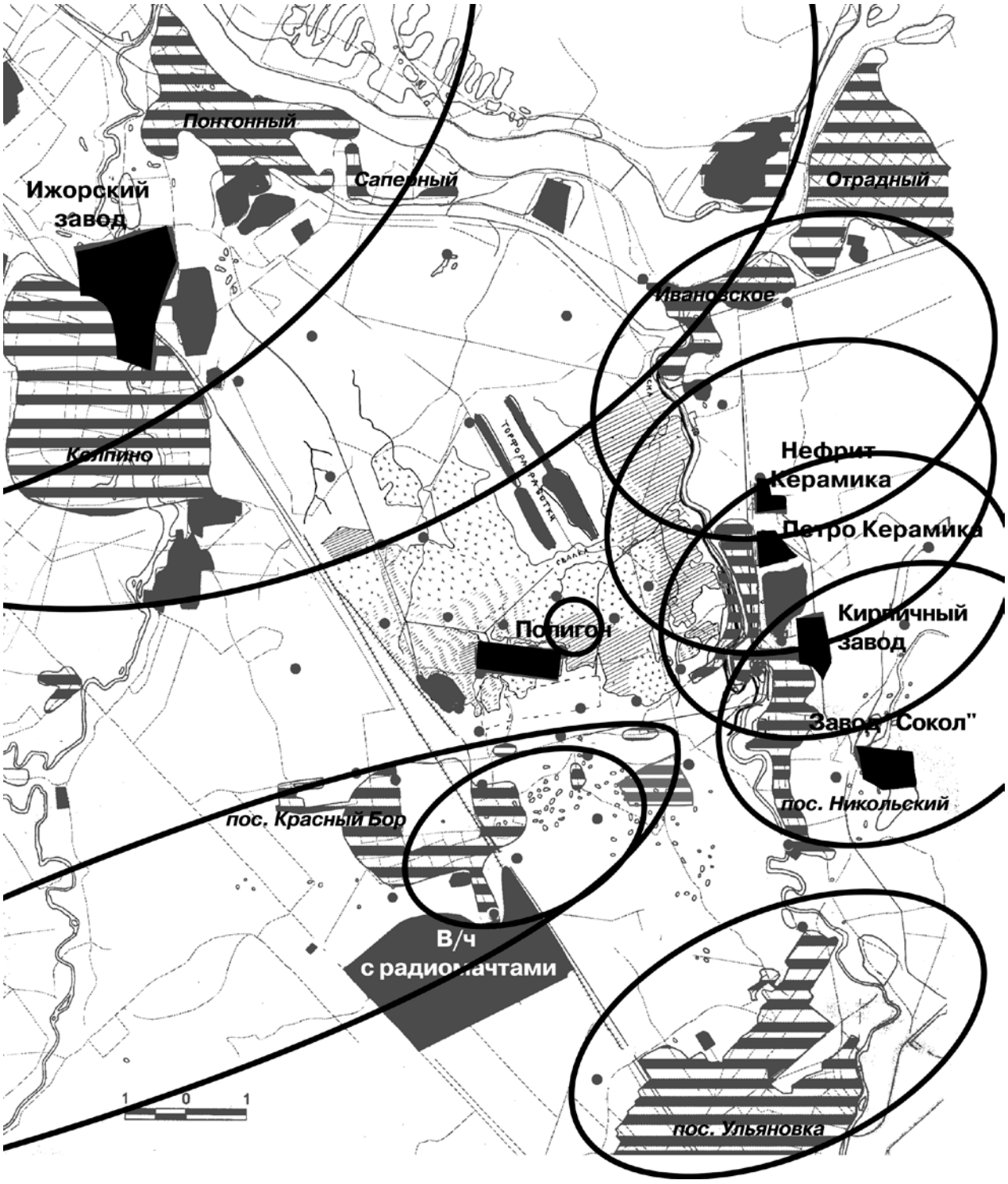

Рис.5. Основные источники загрязнения Колпинского и Тосненского района, влияющие на состояние воздушной среды в санитарно-защитной зоне полигона Красный Бор и окрестных поселков и очертания их шлейфов, наносящих летальный-сублетальный урон

лишайникам, живущим на деревьях на высоте ствола от уровня земли до 2 м (приземные слои атмосферы). Заводы показаны черным, карьеры – серым цветом, а населенные пункты – полосатой штриховкой.

Биоиндикация загрязнения воздуха по оценке радиального прироста ствола (годичных колец) деревьев – дендроиндикация

Применение данного метода позволяет ретроспективно оценить степень И время воздействия загрязнения на деревья. Время наступления неблагоприятного фактора (например, начало выпадения мощных загрязнений или начало строительства дороги, нарушившей водный режим территории) нетрудно расшифровать по годичным кольцам на поперечном спиле дерева – дерево увеличивается в ширину за счет деления клеток по периметру древесины ствола, и каждый год образуется новый годичный прирост (рис.6) На какой год жизни дерева произошло то или иное событие – можно посчитать, начиная от середины круга-спила (плюс 10 – т.к. до высоты спила дерево тоже росло и жило еще лет 10). Номер годичного кольца с периферии укажет дату от сегодняшнего дня. Для целей биоиндикации мы измеряем ширину каждого годичного прироста (на рис. 6, верхний график) с двух сторон ствола (северной и южной) и пересчитываем по формуле круга его площадь (нижний график). На среднем графике видно как при этом увеличивается радиус ствола.

Рис.6. Изменение годичного прироста древесины ствола сосны ежегодно за последние сорок пять лет в 500м на северо-восток от печей полигона. Данное дерево произрастает практически уже за пределами воздействия газо-дымного шлейфа УТО полигона, колебания его прироста связаны главным образом с естественно-климатическими факторами и изменениями водного режима. По горизонтали – календарный год образования годичного кольца, по вертикали – вверху – ширина прироста каждого годичного слоя, внизу – его площадь,
средний график – изменение радиуса дерева по годам.

На пятнадцати пробных площадях того же лесного массива, на котором проведено изучение лишайников, изучено изменение радиального прироста сосны за последние 45-50 лет. На каждой пробной площади было оценено состояние 100 деревьев, из них у 10 модельных взяты керны, для измерения годичных колец ствола и построения дендрограмм.

Для индикации изменения состояния окружающей среды наиболее удобно использовать зависимость площади S (t) годичного кольца от времени. При этом целесообразно усреднять ежегодный прирост по выборке близко расположенных деревьев пробной площади. Средняя кривая прироста площади годичного слоя для деревьев всего массива дана на рис. 7 .

Рис. 7. Средний прирост площади годичного слоя всех деревьев изученного лесного массива СЗЗ полигона Красный Бор (по вертикали) по годам. Среднее квадратическое отклонение отложено в обе стороны от среднего значения. По горизонтали – календарный год.

Колебания ежегодного прироста зависят от ряда естественных факторов – климатических параметров, колебаний активности Солнца (Ловелиус и др., 1990) и конкретных экологических условий местопроизрастания. В ряде работ (Ловелиус и

др.,1990, Гольцова, 1991а,б) показано, как с помощью математического аппарата удается разделить действие естественных факторов среды и антропогенное воздействие факторов.

В материалах отчетов довольно подробно изложено использования данного подхода и приведена зависимость площади сечения годичного слоя от времени заложения для каждой пробной площади в СЗЗ полигона 'Красный Бор' (усреднение проведено по деревьям, принадлежащим к пробной площади). Приведены средние и их стандартное отклонение. Отметим, что типичные значения площади ежегодного прироста сосны на высоте ствола 1,3 м обычно около 600-800 мм^2 в год. На рис. 6 показано, как изменялись радиус неповрежденного дерева (средний график), ширина (вверху) и площадь (внизу) его годичного прироста год от года, и на рис. 8 – как выглядел годичный прирост одного из деревьев сосны из шлейфа установок по термическому обезвреживанию (УТО) полигона Красный Бор до воздействия печей – слева внизу (фрагмент А на горизонтальной оси соответствует 1972 году) и после почти двадцатилетнего воздействия печей – справа внизу(фрагмент В с очень узкими годичными приростами 1988, 1989 и 1990 гг.). При этом на поперечном срезе древесины сосны (рис. 8 А и В) патологических изменений структуры нет – нет следов воздействия радиации, химических агентов, радиоволн СВЧ, мороза, повреждений от грызущих насекомых и других факторов, повреждающих клетки ствола. Отмечено только сокращение ширины каждого годичного прироста после пуска УТО. Угасание приростов годичных колец ствола после 1973 года (первая УТО была запущена в 1973 г.) вызвано постепенным повреждением кроны дерева под действием аэрозольных выбросов из труб УТО (окислы серы, азота, и др. газов вызывали постепенное отмирание хвоинок и точек роста побегов). Крона уменьшилась (поверхность фотосинтезирующих органов сократилась), и, как следствие недостатка пластических веществ, снизился прирост древесины по диаметру ствола (прирост за год показан стрелками на фотографиях). Постепенное значительное сокращение кроны привело дерево к сублетальному состоянию в 1989-1990 гг., и к настоящему времени оно погибло.

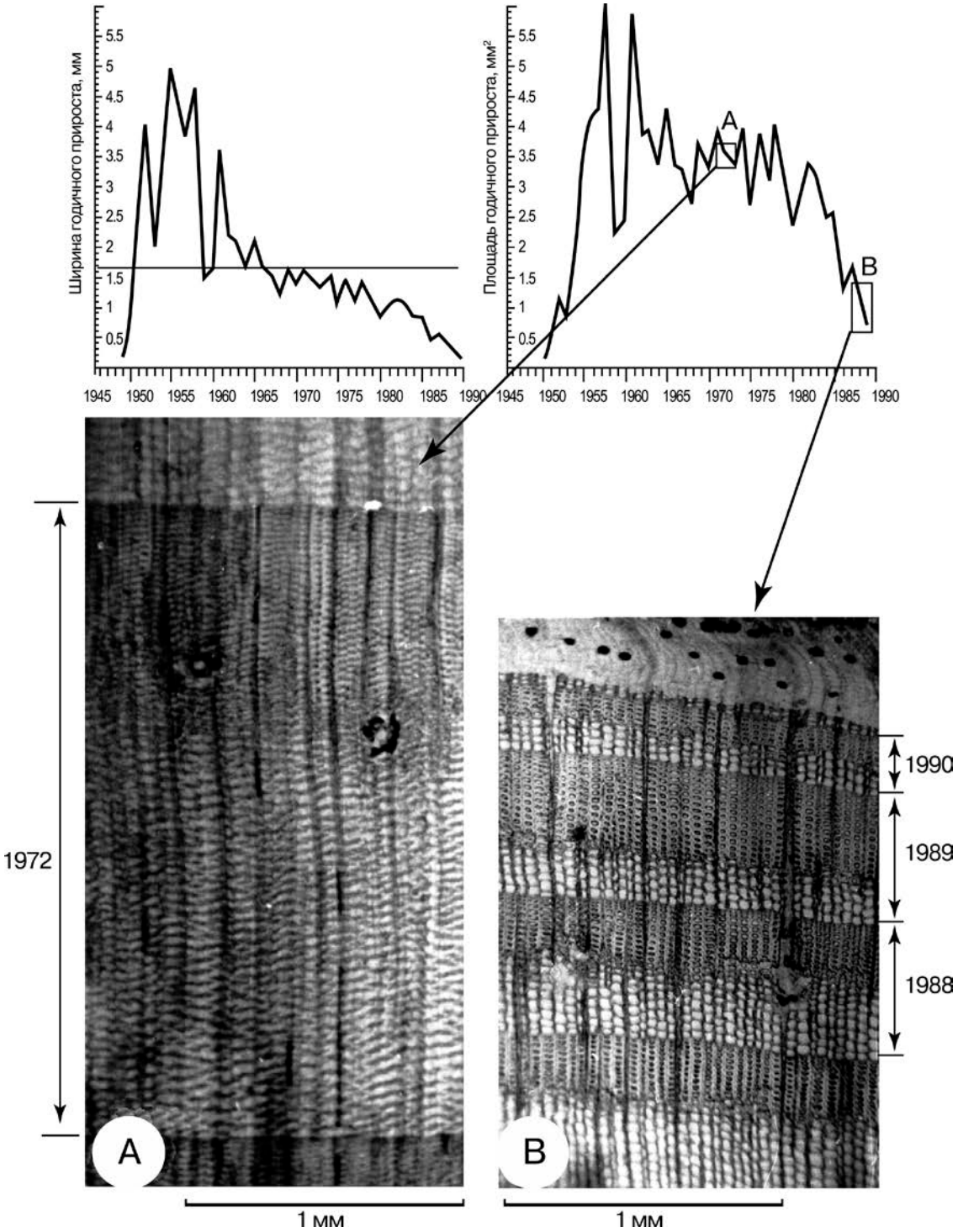

Рис. 8. Структура древесины годичного прироста сосны, подвергавшейся воздействию УТО полигона, начиная с 1973 года. Вверху – графики прироста ширины (слева) и площади (справа) годичных колец данного дерева. Внизу – вид под микроскопом поперечного спила годичного слоя А – до воздействия печей (1972 год), В – после почти двадцатилетнего их воздействия (годичные слои 1988, 1989, 1990 гг.), при 50-кратном увеличении микроскопа.

По степени действия факторов среды на деревья данные можно разбить на 2 группы. В первой наблюдается статистически значимое уменьшение площади прироста (S), начиная с некоторого момента времени. Во второй нет уменьшения S. Говорить о существенном

влиянии техногенных факторов (в нашем случае – "выбросов" от полигона, свалки или ближайших заводов) можно, очевидно, только в первом случае. К нему относятся данные пробной площади 15 (шлейф печей, рис. 9) и пробной площади 5 (влияние Ижорского завода и неблагоприятных лесорастительных условий, проявляющихся в периодическом подтоплении, особенно во время осенних дождей). В этих условиях, когда насаждение ослаблено в силу естественных причин, дополнительный негативный фактор (в конкретном случае п.п.5 – выбросы Ижорского завода) приводят к резкому уменьшению площади годичных колец у деревьев п.п.5. В насаждениях, где нет фактора подтопления (например, п.п. 1, 2, 3), уменьшения площади годичных колец S не наблюдается и нельзя сказать ничего определенного о влиянии завода, т.к. лучшие лесорастительные условия компенсируют негативное влияние эмиссии. Достоверное уменьшение площади годичных колец для п.п. 5 (выбросы Ижорского завода) и 15 (выбросы печей полигона) наблюдается начиная с 1980 г. У ряда отдельных деревьев с п.п. 5 (из СЗЗ полигона с преобладающим влиянием со стороны Ижорского завода) депрессия заметна начиная с 1960г. Значительное снижение радиального прироста и площади колец, начиная с 1978 г., отмечено на п.п. 9 – ближайшей к Никольскому промузлу, негативное влияние которого проявляется как в снижении абсолютных значений, так и в увеличении изменчивости прироста колец. По-видимому, это связано с тем, что часть деревьев отмирает.

Рис. 9. Зоны нарушения древостоев.

Обследование повреждения лесных насаждений

Детальное картирование повреждения древостоев проведено по степени повреждения крон и общего состояния деревьев по общепринятой десятибалльной лесопатологической шкале. Расположение площадок и ареалов деградации древостоя показаны на рис. 9. Состояние лесных экосистем оценивалось на маршрутных ходах путем закладки пробных площадей с количеством деревьев на каждой не менее 100. Пробные площади закладывались в сосняках и ельниках, как наиболее чувствительных к загрязнению. При детальном осмотре каждого дерева оценивалось его состояние в баллах по шестибалльной шкале; определялись наличие различных повреждений, гнилей, а также видовой состав стволовых насекомых, если дерево заселено. При оценке категорий состояния исполнители использовали общепринятую при лесопатологических обследованиях шестибалльную шкалу (Мозолевская и др., 1984) от 1 категории – здоровых деревьев без признаков ослабления до 6 категории – усыхающих. Обследуемые насаждения, находящиеся в СЗЗ полигона, представляют собой изолированный лесной массив, окруженный полями и торфоразработками, который находится в крайне неблагоприятных условиях.

С одной стороны, имеет место влияние промышленных выбросов Ижорского завода, печей для сжигания отходов на полигоне; четырех крупных предприятий, расположенных в Никольском. С другой стороны, условия местопроизрастания – неблагоприятны – почти повсеместно наблюдается избыточное увлажнение, которое усиливается в отдельных местах нарушением естественной гидрографической сети, плохой регуляцией стока вдоль шоссейных дорог, а также подтоплением части выделов в 17 и 18 кварталов, вызванного техногенными причинами. Несмотря на то, что для регуляции стока вдоль полигона прорыты канавы, глубокие и хорошо спрофилированные, тем не менее, особенно осенью они не всегда хорошо выполняют свои функции. В центре массива участки после торфоразработок также заболачиваются, так как существовавшая сеть канав практически не работает, что также сказывается на состоянии насаждений. В целом состояние лесного массива удовлетворительное, средняя оценка состояния по 30 пробным площадям составляет 1,86 балла, что соответствует небольшому ослаблению древостоев. Однако распределение в пространстве несколько иное. Рассмотрим западную группу пробных

площадей. Состояние ближайшего насаждения к СЗ углу полигона удовлетворительное. Заметно худшее состояние на п.п. 2 (1,95 балла), 3 (2,29 балла), 22 (1,99 балла). На п.п. 3 и 22 также больше всего сухостоя. В целом по этому сектору оценка -1,89 балла, то есть налицо незначительные признаки ослабления древостоев. С полной уверенностью отнести этот процесс за счет приближения к Ижорскому заводу нельзя, но наличие большого (в % отношении количества сухостоя свидетельствует о начале процесса деградации. Особенно это относится к п.п. 22, расположенной на заболачиваемом участке, деревья здесь ослабленные в силу условий местопроизрастания и чувствительны к любому негативному фактору – любой даже незначительный стресс может сместить состояние насаждения в сторону от неустойчивого равновесия. На пробных площадях, расположенных в северном секторе от полигона состояние в целом такое же, как и на западном секторе, хуже всего на одну десятую балла (1,99 балла). Наиболее ослаблено насаждение на п.п. 15 – 2,83 балла, п.п. 16 – 2,30 балла и п.п. 5 – 3,00 балла. Но если п.п. 15 и 16 тесно примыкают к полигону и расположены на границе сектора несколько западнее печей и ухудшение состояния непосредственно связано с сжиганием отходов, то про п.п. 5 этого сказать нельзя. Здесь помимо заболачивания также имеет место действие какого-то загрязняющего фактора. К югу от полигона заложена только одна п.п. 19 и состояние деревьев на ней хорошее (1,18 баллов), несмотря на то, что и здесь происходят процессы заболачивания, К востоку от полигона в целом состояние древостоев лучше, чем в западном и северном секторах (1,78 балла), но имеет место большая дифференциация. Так, на ближайшем к печам п.п. "ЗА" насаждение практически погибло (4,63 балла, рис. 1.5, 1.7), здесь почти 40 % сухостоя. На п.п. 10 дела несколько лучше, 2,37 балла и 15 % сухостоя. Здесь, безусловно, имеет место влияние печей полигона. С большой натяжкой можно отнести на счет влияния полигона и п.п.7,6, но пробные площади 9 (2,3 балла, 22,6 % сухостоя), 12 (2,04 балла, 12 % сухостоя) и 13 (1,68 балла, 8,7 % сухостоя) имеют такое состояние по другим причинам. Особенно показательна п.п. 9, расположенная рядом с долиной ручья и занимающими значительные площади лесными культурами в кварталах 13 и 20 Ульяновского лесничества, то есть перед ней нет лесного массива, а практически открытый ландшафт, что способствует активному проникновению выбросов предприятий из района г. Никольское в массив п.п. 12 и 13, ближайшие к кирпичному заводу. Сравнение состояния на п.п. 30 и 29 также достаточно показательно. Состояние на п.п. 30, расположенной близко к кромке леса в западном направлении от полигона, хуже. Вероятно, здесь также имеет место влияние других факторов. Результаты лесопатологического обследования показывают практически повсеместное ослабление насаждений на исследуемой территории в той или иной степени. В зависимости от степени деградации было выделено 3 категории насаждений:

I – леса, состояние которых оценивается как удовлетворительное (от I до 1,9 балла по лесопатологической шкале);

II – ослабленные насаждения (2.0–2.9 баллов). Эти насаждения могут легко перейти в деградирующие в случае ухудшения естественной или антропогенной составляющей экологических условий;

III – деградирующие (более 3,0 баллов). Это лесные сообщества, находящиеся за гранью естественной устойчивости. Их распад в случае сохранения прессинга антропогенных воздействий (или даже в любом случае) неизбежен.

На рис. 9 видно, что к северо-восточной части полигона примыкает участок сильно поврежденных насаждений, которые на большей площади этой зоны практически погибли. Его конфигурация, протяженность и полное совпадение с проекцией дымо-газового шлейфа печей полигона "Красный Бор" однозначно указывают, по нашему мнению, что фитотоксичные выбросы печей УТО полигона являются причиной гибели древесной растительности. Поскольку трубы их всего длиной 5 м и значительно ниже крон окружающего древостоя (высота деревьев достигает 14-15 м), полог леса поглощает значительную долю выпадений от печей, основное воздействие загрязнителей приходится

на кроны деревьев. Вместе с тем, протяженность участка поврежденных насаждений даже по направлению преобладающих ветров не превышает 500-600 м, считая от печей – источников загрязнения. Более того, на расстоянии около 800 м в направлении преобладавших ветров располагаются насаждения, состояние которых можно считать удовлетворительным, такие же насаждения, но с востока, уже примыкают к полигону вплотную. Таким образом, очевидно, что фитотоксическое воздействие аэральных выбросов полигона четко очерчено и носит локальный характер, а конкретным источником загрязнения являются установки УТО. Очаг деградирующих насаждений, расположенный на расстоянии I км к северу от полигона, у края отводного канала, очевидно, не связан с аэральными загрязнениями вообще – это нарушение водного режима вследствие отвала глин, а не воздушного загрязнения, что подтверждается результатами лихеноиндикационных обследований. Ослабление состояния насаждений у северной оконечности г. Никольского является следствием эмиссий с кирпичного, керамических заводов и завода "Сокол", а наблюдаемые процессы деградация древовостоев на опушке леса у полей совхоза Тельмана (рис.9) – следствием воздушных эмиссий со стороны Колпинского промузла.

Оценка ущерба повреждения лесных насаждений

Детальное изучение санитарного состояния деревьев и картирование повреждения лесных насаждений санитарно-защитной зоны полигона дало возможность провести оценку ущерба, наносимого газо-дымными выбросами основных источников загрязнения, с помощью соответствующего специалиста.

После применения методов перечислительной таксации и анализа аэроснимков, стало очевидно, что существенному воздействию, заметному и при визуальных и аэровизуальных обследованиях подверглись смешанные и, в основном, малоценные насаждения пониженной производительности, на общей площади около 67 га.

Наиболее сильное воздействие пыле-дымовых выбросов полигона обнаружено в выделах 18, 19, 21, 22 и 23 квартала № 17; выделах 16, 17 и 18 квартала №18 и в выделе 2 квартала № 23. Общая площадь этих выделов составляет около 36 га, а суммарный запас около 3,0 тысяч м3.

В меньшей степени были затронуты выдела 16 квартала 17, выдела 12, 13, 14 квартала 18 и выдел 3 квартала 23. Общая площадь около 15 га и запас около 1200 м.

Заметное воздействие (следы воздействия) пыле-дымовых выбросов было обнаружено в выделах 15,19 и 20 квартала 18 и выделе 8 квартала 23. Общая площадь около 19 га и запас 600 $м^3$.

Перечень деревьев по элементам леса, ступеням толщины и категориям состояния свидетельствуют о том, что в наибольшей степени подверженными воздействию промышленных выбросов являются хвойные избыточно-увлажненные леса пониженной производительности. Ослабленные неблагоприятными условиями роста, они легче подвергаются воздействию пыле-дымовыми смесями и гораздо медленнее лиственных восстанавливаются после окончания воздействия.

Из общего запаса подвергшихся неблагоприятному воздействию насаждений, оцененному методами выборочной перечислительной таксации в 4790 $м^3$ на площади в 66,1 га (т.е. 72 $м^3$/га), наибольшую ценность представляют сосновые древостои (выдел 22 квартала 17), выдела 2,3 квартала 23, выдел 20 квартала 18 и сосновые элементы леса смешанных древостоев, имеющих в своем составе березу, осину и ольху серую. Выдел 2 квартала 23, видела 17, 18 и 18 квартала 18 не представляют особое ценности для целей лесоустройства и могут быть исключены из расчета. Общий суммарный запас поврежденных в сильной степени сосняков в кварталах 17,18 и 23 таким образом составил 520 куб. м, заметно ослабленных 1400 куб. м , а со следами воздействия – 3200 куб. м .

Приведенные результаты показывают, что в ближайшее время санитарными рубками должны быть пройдены насаждения квартала 17,

18 и 23 на общей площади в 25 га с уборкой погибших и наиболее поврежденных деревьев (820 м3), т.е. менее 40-50 $м^3$ с одного гектара. Это соответствует уровню средней захламленности и не создает серьезных предпосылок для развития энтомофитовредителей в зонах II и III, (т.е. в древостоях ослабленных и деградирующих.

В качестве предварительных рекомендаций можно отметить необходимость замены низкопроизводительных избыточно-увлажненных сосняков в кварталах 23 и 18 на смешанные березово-осиновые древостои. Смену пород необходимо произвести постоянно (в 2-3 приема) с осуществлением мероприятий по осушению территории. Быстро растущие лиственные молодняки создадут хороший барьер-ловушки пыле-дымовым выбросам печей полигона, в меньшей степени страдая от поллютантов, чем хвойные.

Количественная оценка атмосферных выпадений тяжелых металлов с помощью растений-мониторов

Минеральное питание мхов осуществляется через атмосферные выпадения и увеличение содержания металлов в образцах мха – прямое следствие роста загрязнения воздуха. В настоящее время выявлен целый ряд видов лишайников и мхов, накапливающих металлы в соответствии с уровнем их содержания в атмосфере (Mowinckel and oth.,1995). Методика сбора мхов как средства изучения распределения атмосферного загрязнения была разработана в конце I960-х (Ruhling,Tyler,1968-1970), а затем совершенствовалась совместно странами – участниками картирования (Atmospheric heavy metal deposition in Nordic countries, 1995–2003). Отсутствие или сильная редукция кутикулы у этих растений приводит к тому, что ионы имеют прямой доступ к клеточным стенкам. Поскольку толщина листочка мха не более одной клетки, это также означает очень тесный контакт с внешней средой. Для мониторинговых исследований отобраны два вида мха, обычно образующих сплошной покров в сосновых лесах (Pleurocium schrebery и Hylocomium splendens). Плотно сидящие листочки этих видов позволяют им фильтровать воздух очень эффективно. Контакт сплошных моховых куртин с нижележащими слоями почвы незначителен, поэтому риск загрязнения металлами от субстрата очень мал. Мхи способны сорбировать следовые количества поллютантов. Результаты экспериментальных исследований показали, что около 100 % атмосферных выпадений перехватываются мхами, 20 % из них может быть смыто дождями. Важно отчетливо понимать, какие другие источники, кроме воздушного загрязнения, могут внести вклад тяжелых металлов во мхи. Это подробно изучено Е.Стейнесом с соавторами (Steinnes,1991):сухие и влажные выпадения воздушных загрязнений от местных и сильно удаленных источников; естественные циклические процессы атмосферы, пыль, приносимая ветром. Поскольку зеленый моховой покров образован в наших лесах обычно трехлетними побегами, то содержание металлов в нем отражает среднюю экспозицию за этот период. Еще одна положительная черта этой общепринятой в мире методики индикации с помощью мхов состоит в том, что мхи аккумулируют (концентрируют) тяжелые металлы, а химические анализы легче проводить при высоких концентрациях загрязнителя, так как это существенно облегчает анализ, позволяя применять более простую аппаратуру. Показано, что методика оценки атмосферных выпадений с помощью мхов хорошо согласуется с прямыми измерениями концентрации поллютантов в атмосфере (Ruhling and oth.,1987), которая в результате может быть рассчитана по формуле:

lg (концентрация атмосфере) = 0,59 + 1,0 lg (концентрация в металла во мхе),

т.е. концентрация иона во мхе = четырем концентраций иона в атмосфере.

В Ленинградской области низкие ("фоновые") концентрации тяжелых металлов наблюдаются только в восточной и южной частях. Высокие концентрации отмечены практически во всех районах с развитой промышленностью и высокой плотностью населения – в Выборгском, Тихвинском, Киришском, Волховском, Лужском, Кингисеппском, Ломоносовском, Всеволожском, Колпинском и Тосненском районах. На территории Колпинского района во мхах отмечены высокие концентрации кадмия (на севере Тосненского района – несколько ниже), меньшие, правда чем в Киришском районе, на всей обследованной территории Колпинско-Тосненского региона – высокие концентрации меди, хрома, никеля, ванадия, свинца, железа, цинка. Шлейф печей полигона имел меньшее содержание во мхах хрома и никеля по сравнению с образцами из шлейфа Ижорского завода, большие концентрации железа, цинка, меди.

В 1990 г. нами исследована биоаккумуляция тяжелых металлов в древесных растениях-мониторах в СЗЗ полигона. Взяты пробы а) в зоне шлейфа печей полигона, квартала 23 Северного лесного массива Ульяновского лесничества, б) вне зоны влияния печей полигона в направлении Ижорского завода. Проведен спектральный анализ на содержание 35 тяжелых металлов в следующих растительных образцах: кора ствола сосны на высоте I м; хвоя, стебли побегов на высоте более 12 м. Пробы сравнивались с имеющимися в нашем распоряжении данными по соснякам других районов Ленинградской области. Получено, что в шлейфе печей полигона на высоте I м (кора сосны) увеличено втрое против "условно чистых" проб из других регионов содержание 6 элементов: ванадия, молибдена, меди, свинца, цинка и кадмия (причем у печей полигона 'Красный Бор' втрое меньшем количестве, чем в шлейфе Ижорского завода), бериллий (у печей – в три раза больше). В хвое крон деревьев на 10-12 м высоте по всей исследованной зоне Ульяновского лесничества увеличено содержание титана (в зоне влияния Ижорского завода – в 10 раз, в шлейфе печей полигона – в 3 раза выше "условно чистых"), молибдена (втрое), кадмия и серебра. Таким образом, хотя воздушный выброс загрязнителей из печей полигона наблюдается, но это, по-видимому, в значительной степени продукты сгорания веществ органической природы и их примесей, чем эмиссии тяжелых металлов. Выбросы из печей полигона адсорбируются в значительной степени на небольшой высоте под пологом леса: в кронах деревьев на высоте более 10 м содержание тяжелых металлов в шлейфе печей полигона не выше, например, молибдена, а по ряду элементов – титан, кадмий, железо, хром – даже ниже, чем в зоне преимущественного влияния воздушных масс Ижорского промузла (1200 м от северо-западного угла полигона в сторону Колпино).

Исследования химического состава снега на два десятка катионов (в том числе тяжелые металлы), шесть анионов подтвердило эту картину – воздушные выпадения от шлейфа печей полигона практически не выходят за 1 км зону в направлении преобладающих ветров, а в других направлениях ограничивается первыми сотнями метров. Это видно на рис.10б – в течение первых нескольких сотен метров уровень большинства загрязнений снега падает, не достигая первого километра удаления от полигона, а затем, по мере приближения к Ижорскому заводу или заводам п. Никольского снова возрастает.

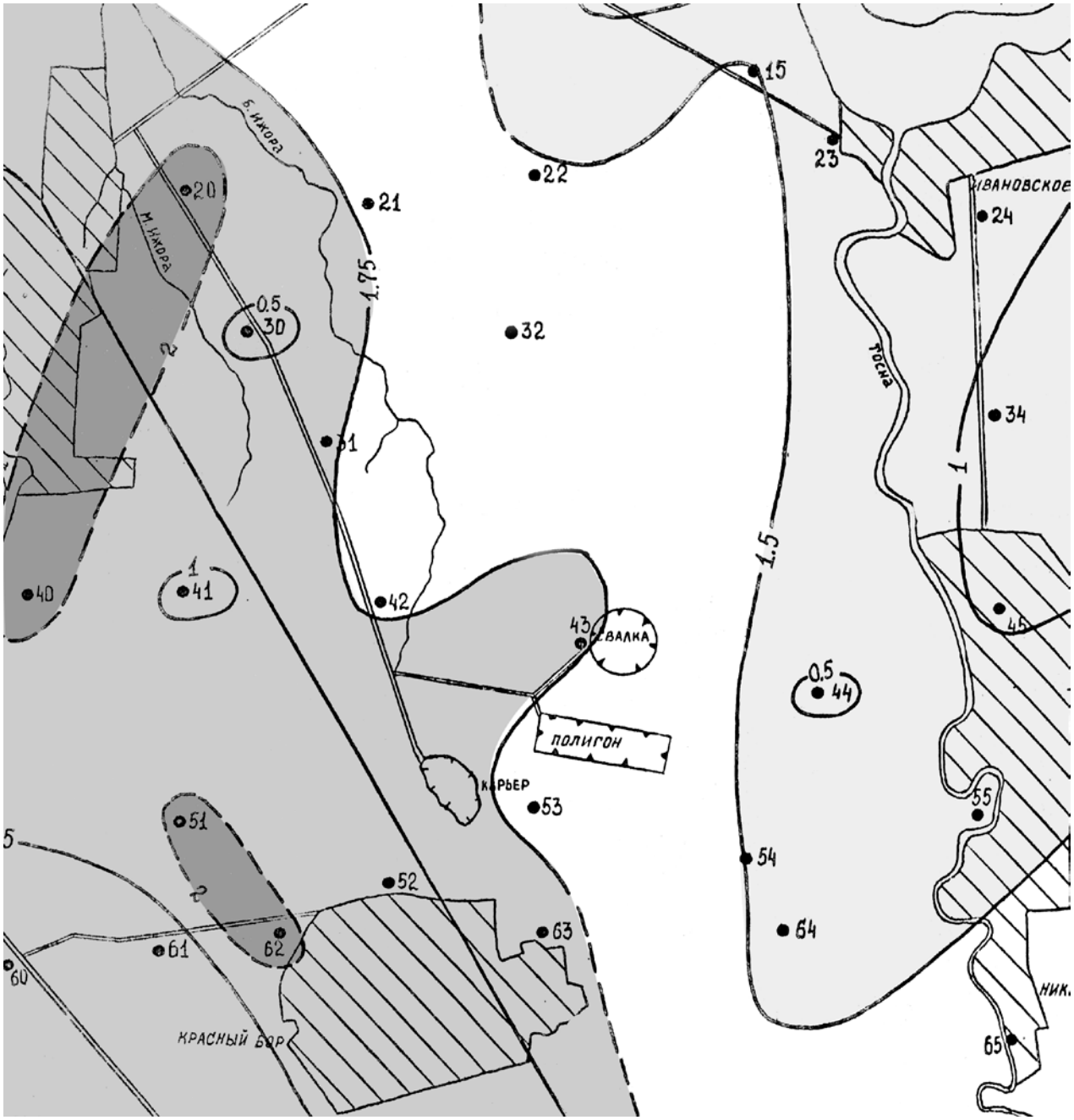

Рис. 10а. Повышенное содержание серы в пробах снега 1992 г. по относительному показателю сера/алюминий (Яхнин,1992, Гольцова , 1993). Отчетливо выделяется шлейф Ижорского завода (практически по всему полю рисунка слева от изолинии 1.5 , особенно интенсивно от изолинии 1.75 с окрашенным светлосерым полем и с отдельными областями плотных выпаденый, темносерого закрашивания).

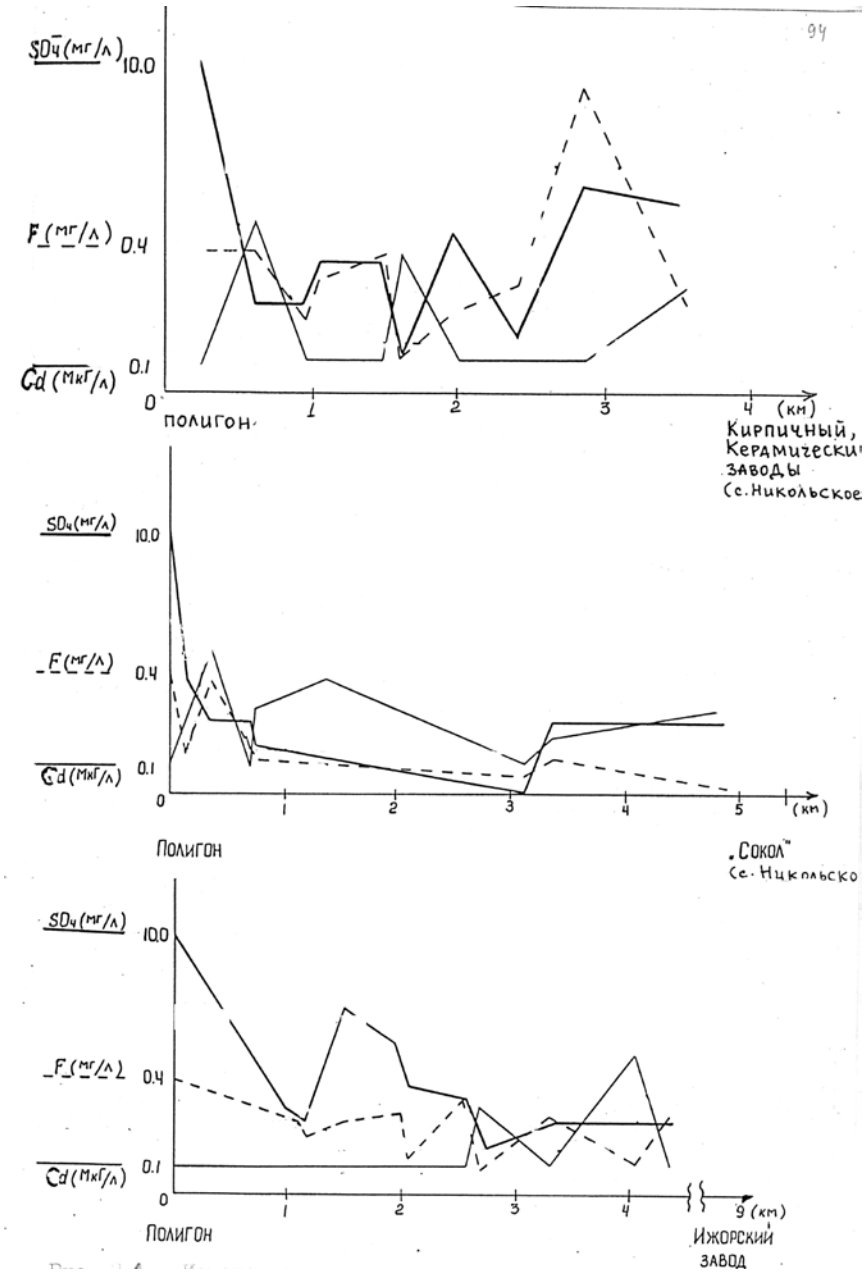

Рис.10б. Динамика содержания экотоксикантов в снежном покрове в направлении Полигон 'Красный Бор' - Никольский промузел (керамические и кирпичный заводы,завод Сокол), Полигон - Ижорский завод. По горизонтали – отложено расстояние от полигона в километрах, по вертикали – концентрации загрязнителя в литре снега.

Наши исследования снежного покрова в СЗЗ зоне полигона и на окружающей территории совместно с другими организациями (Гольцова,1991,1993, Яхнин,1992) показало, что район Междуречья (Ижора-Нева-Тосна)представляет собой зону большого воздушного загрязнения от множественных источников. Основным источником аэротехногенного загрязнения является Ижорский завод (рис.10а), затем по значимости (меньшими по размерам и интенсивности) идут загрязнители Никольского (два керамзитовых, кирпичный и завод «Сокол») и пылевой вынос с Ивановского-Отрадного. Вклад полигона незначителен и сугубо локален. При этом загрязнение в зоне влияния Ижорского завода в существенной степени было обусловлено обогащением атмосферных выпадений вредными компонентами (тяжелые металлы, сера). Это поле загрязнений имело зональную структуру, которая по мере приближения к Ижорскому заводу характеризовалась увеличением количества металлов и серы в твердофазных выпадениях

(особенно отчетливо это проявлялось по хрому и никелю). Своим южный краем это поле загрязнений накрывало поселок Красный Бор (по никелю, сере и др. компонентам в твердофазных выпадениях). Исследования загрязнения снега нами продолжено зимой 2003/2004года, изложение содержания веществ-загрязнителей в снеге (рис.11-14) является предметом отчета и другой статьи, ограничимся лишь краткими результатами по биотестированию снега.

Рис.11. Содержание фторидов в пробах снега от Никольского и Колпинского промузлов (2004 г). Изолиния соответствует концентрации 11 мг/л, к северу от нее концентрации повышены , максимальное значение 63 мг/л в 100 м к северу от завода Нефрит-Керамика. Санитарно-защитная зона вокруг полигона разбита на километровые участки тремя тонкими сферическими линиями. Заводы показаны черным, карьеры – серым цветом, а населенные пункты – полосатой штриховкой.

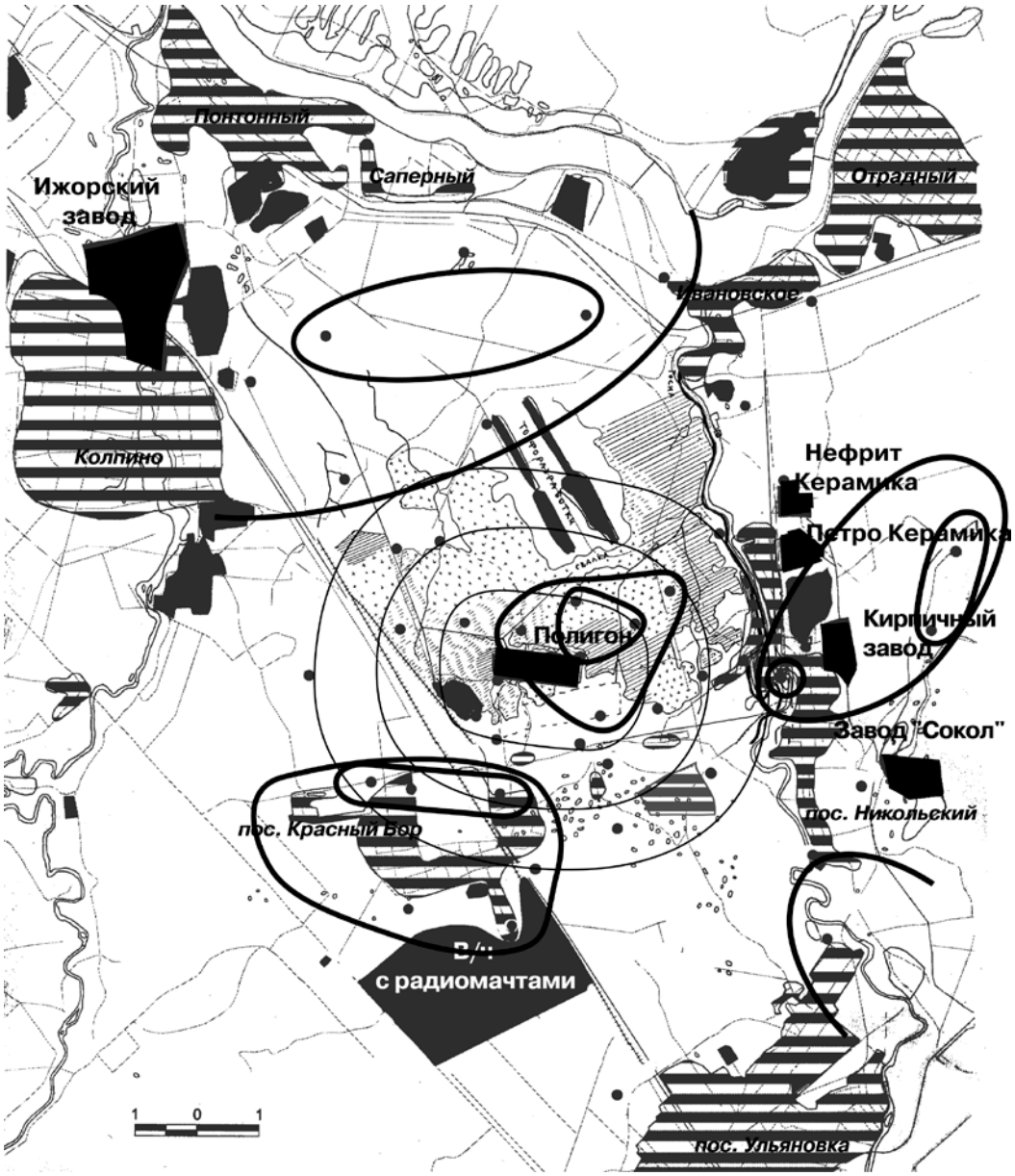

Рис. 12. Содержание цинка в пробах снега (2004 г). Изолинии проведены при концентрациях 0.015 и 0.0025 мг/л в снеговой воде (для сравнения - ПДК питьевой воды 5мг/л).

Санитарно-защитная зона вокруг полигона разбита на километровые участки тремя тонкими сферическими линиями. Заводы показаны черным, карьеры – серым цветом, а населенные пункты – полосатой штриховкой.

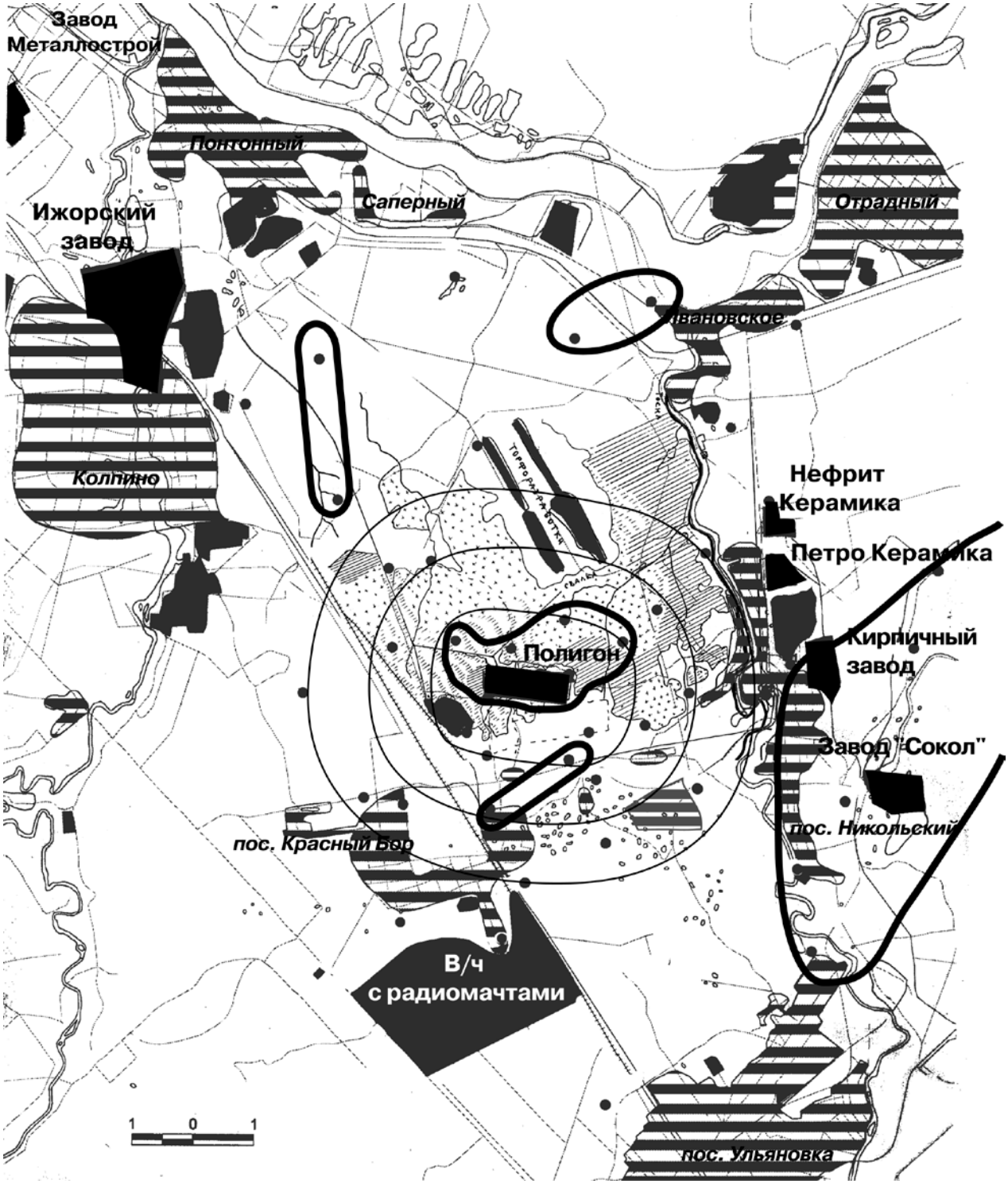

Рис. 13. Содержание ртути в пробах снега (2004 г). Изолинии проведены при содержании 0.000025 мг/л снеговой воды (для сравнения ПДК питьевой воды – 0.0005 мг/л).Санитарно-защитная зона вокруг полигона разбита на километровые участки тремя тонкими сферическими линиями. Заводы показаны черным, карьеры – серым цветом, а населенные пункты – полосатой штриховкой.

Рис.14. Содержание фенола в пробах снега (2004 г). Изолинии проведены на уровне 0.50 мкг/л.
Заводы показаны черным, карьеры – серым цветом,
а населенные пункты – полосатой штриховкой.

Обследование загрязнения снега методами биотестирования

Пробы снега отобраны в начале марта 2004 в санитарно-защитной зоне полигона Красный Бор и за ее пределами в десятикратной повторности в масштабе 1:100000. Для каждой точки сделан химический анализ на 22 катиона (в том числе и тяжелые металлы, ионы аммония), анионы и ряд приоритетных органических загрязнителей. Кроме того, снеговая вода отправлена на биотестирование ее токсичности (на ряд биотестов, отражающих разные стороны повреждающего фактора).

К настоящему времени получена только результаты по ряду параметров, в том числе по тесту на биотоксичность с помощью одноклеточных животных – парамеций.

Из всех исследованных точек токсичностью обладали все семь проб поселка Красный Бор (подчеркиваем поселка – а не полигона Красный Бор), причем за пределами 3 км зоны ОТ ПОЛИГОНА ГУПП «КРАСНЫЙ БОР»), – причем высокой токсичностью – пробы с территории многоэтажной застройки по ул. Комсомольской и детского садика, а также южная оконечность ж. д. ст. Поповка – к югу от подстанции (свыше 90% парамеций проявили отрицательный хемотаксис). Детский садик находится в той части поселка, которая наиболее удалена от полигона и высоко расположена на возвышенности – на высоте 43 м над уровнем моря (высота полигона – 17.5 м в среднем на уровне моря, а высота труб его УТО 5 м). Т.е. ее такое высотное положение (на 20 с лишним метров выше устья труб УТО) и расположение с подветренной стороны от полигона (преимущественно ветра дуют с ЮЗ на С и СВ, те от полигона в сторону р.Невы и п. Ивановской) свидетельствует о том что полигон никакого отношения к этому загрязнению поселка отношения не имеет. Несомненно, эта южная часть поселка Красный Бор страдает от иных экологических факторов и сложения эмиссий от других серьезных источников загрязнения. Во-первых, от дальних заводов, имеющих гиганские трубы и мощные выбросы – Ижорский завод, Металлострой, Никольский завод Сокол (последний находится на доминирующей в районе высотке и его факел накрывает не только Никольское, п.Красный Бор, но и значительную часть Ульяновки, находящуюся с ЮВ от поселка Красного Бора. Во-вторых, по крайней мере три местные котельные поселка Красного Бора сосредоточены именно в этом многоэтажном микрорайоне и факел наибольших выпадений от них простирается не только над ул. Комсомольской и ул.Советской (над многоэтажками и одноэтажными домами, детским садиком), но и вплоть до ж.д ст Поповка, где повсеместно также обнаружен 98% токсический эффект на этих же организмах.

Сжигание каменного угля в отопительных системах несет серьезное загрязнение воздуха окрестных территорий и непоправимый вред живым организмам – растениям, животным и человеку. Детальное обследование снега на большинство вредных загрязнителей проведено и будет доложено в следующих публикациях. Но ни по одной пробе снеговой воды из всех изученных точек не было превышение ПДК питьевой воды ни по одному загрязнителю . Самое высокое содержание ртути, цинка, фенола и др.(рис.11-14)отмечено за пределами СЗЗ полигона, в том числе в поселке Красный Бор , но и эти максимальные концентрации, измеренные в снеговой воде были по крайней мере в пять раз ниже ПДК питьевой воды, а остальные и еще ниже (в районе полигона и его СЗЗ они не выше одной десятой ПДК).

С юга к указанному кварталу многоэтажек , детскому садику и ж/д станции Поповка тесно примыкает территория воинской части, вооруженной высотными радиовышками.

Под часть выбрано самое высокое место в округе еще в шестидесятых годах прошлого века, и эти вышки существуют задолго до появления вблизи него жилого микрорайона.

Территория воинской части обнесена забором и жилые постройки приблизились практически к нему вплотную.

Какая деятельность осуществляется внутри забора нам неведомо. В любом случае это нетрудно выявить в дальнейших исследованиях (даже разовое влияние СВЧ достаточно удобно расшифровывать по патологическим изменениям клеток годичного прироста сосны при анализе кернов или спилов, как мы знаем из нашего опыта анализа материала из подмосковных лесов вблизи военных радиоцентров) . Любого рода активность со складированием или производством вредных для живых организмов веществ выявляется методами биоиндикации на растущих вблизи растениях, а также биотестированием водных, воздушных и почво-грунтовых сред. Расшифровка конкретных поллютантов может быть затем легитивно уточнена с помощью приборного анализа путем отбора проб снега, воды, воздуха и растений, аккумулирующих загрязнители (мхи, лишайники, листья древесных или травянистых растений).

Если электронно-магнитное облучение от радиовышек достаточно сильное и может сдвинуть равновесие свободных радикалов в воздухе, то это вызывает повышенное образование свободных радикалов в биологических объектах. Последнее можно проверить методом электронно-парамагнитного резонанса (ЭПМР) на любых живых видах-мониторах, которые не покидают данную территорию (например, на мхах или других растениях). Свободные радикалы химически очень активны из-за наличия неспаренного электрона, они особо опасны для всех живых организмов (степень неприятности можно представить, если вспомнить что при радиационном облучении основная опасность кроется именно в высвобождении свободных радикалов, которые и вызывают патологические изменения органа-мишени).

Если переменные радиоволны способны вызвать накопление зарядов в воздухе, то должна наблюдаться усиленная аккумуляция и выпадение разнозаряженных ионов загрязнителей из воздуха вблизи радиовышек. Разобраться в этом представляется возможным.

Первые шаги постановки задачи можно уже сделать на уже собранном этой зимой материале (снежные пробы на территории поселка Красный Бор) даже из уже собранного материала видно, что высотка, на которой расположена часть поселка Красный Бор притягивает (осаждает) на себя поллютанты из атмосферы. Например фтор-ион. Он вылетает из высоких труб на Ижорском заводе, и Металлостроевском заводах, на Никольских керамических и кирпичных заводах. В снежных пробах он встречен только в Колпино-Ивановском-Никольском, т.е. северо-западе и северо-востоке от санитарно-защитной зоны полигона Красный Бор, и нигде не найден в окрестностях полигона и на юге обследованного региона, за исключением отдельных точек в поселке Красный Бор.

Заключение

Шлейф печей полигона 'Красный Бор' локален и в значительной мере ограничивается сравнительно лесными насаждениями, плотно примыкающими к зоне печей с северо-востока и востока. Полог леса в значительной степени аккумулирует газо-дымные выбросы печей полигона, выполняя барьерные функции. Влияние печей не сказывается на состоянии насаждений с подветренной стороны и далее 500-700 м в направлении

преимущественных ветров (к северо-востоку от печей). По-видимому уместно привести сравнение – по воздуху – воздействие полигона не более, чем от небольшой горящей свалки (особенно если свалка на холме или его склоне, т.е. выше положения полигона плюс 5 м – высоты его труб). А в то же время, многие свалки из окрестностей полигона (у Феклистово, Поркузи, на полдороги до Захожье) расположены на один-два десятка метров выше в абсолютных метрах над уровнем моря, чем полигон.

Шлейф Никольского промузла заметно ослабил состояние изученного лесного массива санитарно-защитной зоны полигона. На расстоянии 1,5 км к западу от кирпичного и керамического заводов повреждение лесов значительно (лесные массивы в сторону преимущественных ветров повреждены еще значительнее, но это предмет уже других исследований).

Влияние Ижорского завода и Колпинского промузла в целом приводит к значительному ослаблению древостоев и полному разрушению лишайникового покрова сосен на 3,5-4,5 км от г. Колпино в исследованном направлении санитарно-защитной зоны полигона. Повреждены деревья и лишайники опушки леса, фронтально развернутого к г.Колпино на окраине полей совхоза Тельмана. Результаты повреждения биоты хорошо согласуются с данными аналитических анализов поллютантов в снежных пробах и аккумулирующих мхах , что позволит определенно очертить шлейфы повреждений от предприятий-загрязнителей и указать основные повреждающие агенты.

Очевидно, шлейф загрязнения от труб Ижорского завода достигает возвышенности, на которой расположен поселок Красный Бор и в значительной степени там осаждается.

Загрязнение растительных проб (лесных мхов, коры) выпадениями тяжелых металлов от гальванических и металлообрабатывающих производств Ижорского завода – более значительное, чем от печей полигона.

Вклад от всех предприятий-загрязнителей достаточно высок и неравноценен по мощности, по радиусу воздействия и по ценности зараженной территории. Если в шлейфе полигона это, в основном, малоценные избыточно-увлажненные леса, то в шлейфах Ижорского завода и Никольских производств – поля, населенные пункты, дачные поселения и значительные водные поверхности.

Велика доля загрязнения от автотранспорта. Опасность представляют не только выхлопы автомобилей и карьерных механизмов (вызывают нарушение биоты), но и стихийный сброс промышленных отходов в придорожные канавы, на лесные территории и поля в результате недобросовестности водителей. В 1990х был отмечен высокий уровень токсичности среды в придорожных канавах вдоль шоссе к полигону Красный Бор, в результате неконтролируемых сбросов с машин, большие объемы ртутных ламп на лесной территории заказника "Пригородный" недалеко от газохранилищ, десятки несанкционированных свалок в СЗЗ полигона, сбросы на которые продолжаются и по сей день.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Manual and Methodologies and criteria for harmonized sampling,assessment,monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNEP and UN-ECE,Global Environment monitoring system,1998, 380p.
2. European community forest health report 1989. Technical report Luxemburg:Office for Official Publication of the European Communities ,1990,150p.
3. Forest Damage and Air Pollution.Report of the 1988 forest damage survey in Europe.ICP-Forests.Global environment monitoring system.GENEVA,1989.88p.
4. Field and laboratory manual. International Cooperative Programme of integrated monitoring.Prepared by Programme Centre EDC. National Board of Waters and Environment.FINLAND.1990.300p.
5. Athmospheric heavy metal deposition in northern Europe. A.Ruhling – edit.,A.Makinen,E.Steinnes,H.Goltsova,K.Kvietkus, R.Rusmussen and others.HORD,1991,50p.
6. Е.Г.Мозолевская,0.А.Катаев,Э.С.Соколова.Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса.М. .Лесная промышленность,1984,152с.
7. Шуберт Р.Биоиндикация загрязнений наземных экосистем.М.,Мир.,1986.
8. Гольцова Н.И.,Абатуров А.В. Биоиндикация радиоактивного загрязнения в зоне Чернобыльской АЭС по

отроению многолетних регистрирующих структур сосны обыкновенной. – Матер.26 сессии комиссии им.Л.А.Иванова по анатомии,физиологии и экологии древесных растений.Петрозаводск,1991.45-55 стр.
9. Гольцова Н.И. Организация мониторинга лесов Ленинградской области в рамках Общеевропейской Совместной Программы Мониторинга воздействия воздушных загрязнений на леса ЕЭК ООН –ICP-Forests /Конвенция о трансграничном переносе загрязнений на большие расстояния/.Отчет БиНИИ для ЛЕНКОМПРИР0ДЫ.1991. 120стр.
10. Рябова В.Н., Гольцова Н.И. Экологическая характеристика реки Ижора. Отчет НИР, 1991. БиНИИ ЛГУ. 150 с.
11. Ловелиус Н.В.,Н.И.Лайранд,А.А.Яценко-Хмелевский. Анализ естественной изменчивости радиального прироста ели европейской в подзоне южной тайги. – В сб. Экология и защита леса,Л.,1990. 35-39.
12. Nash Th. Lichens of the Page environs as potential indicators of air pollution.J .Ariz.Acad. – .Sci., 1 974,9,97-101.
13. M.Treshow.Air Pollution and Plant Life. 1984.Chiches-ter-NewYork-Brisbane-Toronto-Singapore.600p.
14. Anderson F.K..Treshow M. Prediction of air pollution impact on lichen communities. Abst.3rd Internat.Congress of Plant Pathology.Munich,1978.352p.
15. Лийв С. Индикация степени загрязнения воздуха с помощью лишайников.В кн.Тез.докл.У .съезда ВБ0,Киев:Укр.Бот.0б-во,1973,с. 374-375.
16. Горшков В.Б. Разрушение эпифитного лишайникового покрова стволов сосен в сосновых лесах Кольского полуострова под действием атмосферного загрязнения.Экология,№4,1991,с.20-28.
17. Gilbert O.L.The effect of airborne fluorides on lichens. The Lichenologist,1971,5,26-32.
18. Гольцова Н.И. «Экологический биомониторинг природной среды вокруг полигона Красный Бор 1992-1993». Отчет СПбОЕ/ СПбГУ , 1993. 150 с.

19. Punning J.-M.,Zobel S.Limmets,H.Trass and others. Heavy metal in snow and some indicator plants in Estonia. Proc.Estonian Acad.Sci.Eool.,1991,1,2.65-71p.
20. Трасс Х.Х.Успехи и проблемы лихеноиндикации загрязненности воздуха. – В кн.Лихеноиндикация состояния окружающей среды.Таллинн:Бот.сад АН СССР,1978,16-18.
21. Гольцова Н.И. Оценка экологического состояния лесов Сосновоборского региона. СПб-г, 1991б. ЦНТТУМ СПбГУ (отчет).
22. Ruhling A.,G.Tyler. An ecological approach to the lead problem..Botaniska Notiser, 1968,122 ,248-342 .
23. Ruhling A.,S.Tyler.Sorption and retention of heavy metals in the woodland moss Hylocomium splendens (Hedw.) Br et. Sch.Oikos 1970,21.92-97.
24. Steinnes E.Use of mosses in heavy metal deposition studies.EMEP/CCC-Report 3/85. 1985.
25. Tyler G. Moss analysis – a method for surveying heavy metal deposition.Proc.Sec.Int.Clean Air Congress,Eds.Englund, H.M.,Berry W.T.,Academic Press,New York.1970.
25. Ruhling A.,Tyler S.Ecology of heavy metals – a regional and historical study.-Botaniska notiser,1969,122,p.248-259.
27. Ruhling A.,Rasmussen , Pilegaard k..Makinen A. .Steinnes E. 1987.Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985-monitored by moss analisis.NORD, 1987,21,44p.
28. Steinnes E., Rambaek J.P.,Hanssen J.E. Large scale multi-element survey of atmospheric deposition using naturally growing moss as biomonitor. Chemoschera. 1991,4, 25-58.
29. Goltsova, N. J. and G. P. Berlyn. 1996. Effect of radiation on forests.
In S. K. Majumdar, E. W. Miller, and F. J. Brenner (eds.).
Forests-A Global Perspective. The Pennsylvania Academy of Science, Philadelphia. p 286-304.
30.W.De Vries, G.J.,Reinds,H.D.Deelstra, N.I.Goltsova, J.M.Klap, E.M.Vel and oth. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe. Technical Report 2000. FIMCI, 2001. 150p.
31.Forest Foliar Condition in Europe – Results of large-scale foliar chemistry surveys. 1997. EC, UN/ECE, AFFRC, ISBN 3-901347-05-4. 207pp. N.Goltsova – chapter about Russian Federation results.
32.Гольцова Н.И., Абатуров А.В. Биоиндикация радиоактивного заражения в зоне Чернобыльской АЭС по строению сосны обыкновенной. Еврочернобыль, Киев,1991. Всемирный Совет Мира, Москва,Хельсинки, 1991, 155-178.
33.M.Pihlstrom, N.Goltsova, T.Myllyvirta, M.Hongisto. Air pollution and bioindicator responses in Leningrad region, Northern-Western Russia. – Ilmansuojebi, Finland, N2,27-31.

34.I.G.Mowinckel,E.Steinnes, N.Goltsova. Evaluation of Hypogymnia physodes and bark from Pinus silvestris as biomonitors of atmospheric heavy metal depositions. – In: Heavy metal in the Environment.1995,v.1,p.156-159.

35.Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1995. A.Rulling,E.Steinnes, T.Berg, G.brumelis,N.Goltsova and oth. NORD:1996, N37, 50p.
36.Ruhling A, E.Steinnes and oth. Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996. NORD: 1998, 15. Nordic Council of Ministers.50p.

37.Heavy metal content of mosses in Europe.

In: Air pollution and vegetation. UN/ECE ICP Vegetation. Annual report 2002/2003. ISBN: 1 870393716, UK,2003, 30-50p.

38.Forest condition in Europe. Results of 2002 Large-scale survey. Convention on Long-Range transboundary air pollution. ICP-Forests UN ECE and EC. ISSN 1020-3729, Geneva and Brussels, 2003,150p.
39.Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe. Technical report 1997.
Convention on Long -Range transboundary air pollution. ICP-Forests UN ECE and EC. ISSN 1020-6078, Geneva and Brussels, 1997,104p
40.Гольцова Н.И. Исследование трансграничных загрязнений тяжелыми металлами зеленых насаждений Санкт-Петербурга по программе ЕЭК ООН. БиНИИ СПбГУ для ЛЕНКОМПРИРОДЫ СПб. 1994.29стр.

41. Яхнин Э.Я. Изучение аэротехногенного загрязнения снежного покрова в районе полигона Красный Бор и г. Колпино СевЗапГеология для СПбОЕ/ СПбГУ. 1992. - Глава отчета СПбОЕ/СПбГУ 1993 «Экологический биомониторинг природной среды вокруг полигона Красный Бор 1992-1993».

42. James P.W. The effect of air pollutants other than hydrogen fluoride and sulphur dioxide on lichens.-In: Air Pollution and Lichens (ed. Ferry B.W et al.) Univ.of Toronto Press,Toronto, Ontario, CANADA, 1973 . 143-175.